

СПРАВОЧНИК  
ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

---

2

• ЭНЕРГИЯ •

621.311/02  
2-74

# СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

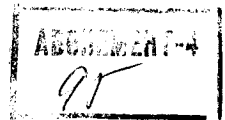
Под общей редакцией  
А. А. ФЕДОРОВА и Г. В. СЕРБИНОВСКОГО

В ДВУХ КНИГАХ

КНИГА ВТОРАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ  
ОБ ОБОРУДОВАНИИ

148615



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1974

05-

85

75

6П2.1.081

С74

УДК 658.26 : 621.3(031)

Составители: С. И. ВЕРШИНИНА, С. И. ГАМАЗИН,  
Ю. М. ГОЛОДНОВ, Э. А. КИРЕЕВА,  
А. И. КИРПА, Е. А. КОНЮХОВА,  
Э. Т. СИДОРЕНКО, Г. В. СТУЛЬНИКОВ,  
А. А. ФЕДОРОВ.

С74 **Справочник по электроснабжению промышлен-**  
**ных предприятий. В 2-х кн. Под общ. ред. А. А. Фе-**  
**дорова и Г. В. Сербиновского. Кн. 2. Технические**  
**сведения об оборудовании. М., «Энергия», 1974.**

528 с. с ил.

В справочнике приведены сведения из области расчета, проектиро-  
вания, эксплуатации и монтажа электрооборудования систем электро-  
снабжения промышленных предприятий.

Справочник состоит из двух книг. В первой книге приведены про-  
ектно-расчетные сведения (разд. 1—23). Во второй книге даны техниче-  
ские сведения об оборудовании (разд. 24—36).

Справочник рассчитан на инженеров и техников отдела главного  
энергетика промышленных предприятий и может быть полезен студен-  
там энергетических и электротехнических специальностей высших и  
средних технических учебных заведений.

С  $\frac{0339-040}{051(01)-74}$  56-73

6П2.1.081

© Издательство «Энергия», 1974 г.

## СПРАВОЧНИК ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. Кн. 2.

● Редактор издательства В. А. Озерский

Переплет художника Н. Т. Ярешко

Технические редакторы Г. Г. Самсонова, Л. В. Иванова

Корректор А. К. Улегова

● Сдано в набор 26/1 1973 г. Подписано к печати 11/Х1 1973 г. Т-17641  
Формат 70×108<sup>1/16</sup> Бумага типографская № 1. Усл. печ. л. 46,2  
Уч. изд. л. 61,63. Тираж 4 000 экз. доп. Зак. 72. Цена 3 р. 60 коп.

● Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

● Владимирская типография Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете Совета Министров СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-6.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В Советском Союзе последовательно претворяются в жизнь решения XXIV съезда КПСС, повышается эффективность производства, ускоряется научно-технический прогресс. При решении вопросов технического совершенствования производства, пятилетним планом предусмотрено повышение уровня электрификации производства и эффективности использования электроэнергии, более широкое внедрение электротехнических и электротехнологических процессов.

Электроэнергетика принадлежит к ведущим отраслям тяжелой индустрии. В девятой пятилетке на основе ленинских принципов электрификации страны в соответствии с Директивами XXIV съезда партии производство электроэнергии предстоит увеличить на 43,7% и довести его до 1 065 млрд. кВт·ч в 1975 г.

За первые два года девятой пятилетки советские энергетики многое сделали для надежного обеспечения электричеством и теплом народного хозяйства. Производство электроэнергии увеличилось на 119 млрд. кВт·ч, что позволило существенно поднять электрооборуженность труда во всех отраслях народного хозяйства.

В течение двух первых лет пятилетки продолжалось дальнейшее развитие Единой энергетической системы европейской части СССР (ЕЭС), которая объединяет восемь энергетических систем.

В соответствии с Директивами XXIV съезда партии о повышении темпов развития экономики восточных районов страны в 1971—1972 гг. достигнуто дальнейшее возрастание роли этих районов в производстве электроэнергии. Их доля в общей выработке электроэнергии в 1972 г. составила почти 27%.

В 1972 г. в промышленности и строительстве было потреблено 513,3 млрд. кВт·ч — на 13% больше, чем в 1970 г.

По народнохозяйственному плану текущего года производство электроэнергии должно увеличиться до 915 млрд. кВт·ч — на 6,6% по сравнению с 1972 г.

Выполнению задач электрификации страны призвана служить и производственно-техническая литература, в том числе справочные издания.

Настоящий справочник по электроснабжению промышленных предприятий предназначен для широкого круга энергетиков, занятых проектированием электроснабжения, монтажом и эксплуатацией электрооборудования промышленных предприятий.

Справочник выпущен в двух книгах. В первой книге выделены данные, не изменяющиеся длительное время. Вторая книга охватывает те справочные материалы, которые достаточно часто претерпевают изменения.



Материалы справочника составили: Р. Б. Авринский — разд. 16, С. И. Вершинина — разд. 2, 10, 24 и 25, С. И. Гамазин — разд. 12, 13 и 32, Ю. М. Голоднов — разд. 17, 20 и 36, В. В. Каменева — разд. 6, 8, 18 и 19, А. А. Катарская — разд. 21, Э. А. Киреева — разд. 18, 27, 35, Е. А. Конюхова — разд. 23 и 31, А. И. Кирпа — разд. 33, 34, В. К. Михайлов — разд. 1, Э. Т. Сидоренко — разд. 22, 30, Г. В. Стульников — разд. 36, А. А. Федоров — разд. 2—10, 14, 15, 21, 24, 26, 28 и 29, С. Р. Хмель — разд. 14, Е. В. Чеботарев — разд. 11, А. Н. Барсуков — разд. 25.

При составлении справочника приняли участие в подборе и комплектации данных разд. 28 — Р. Р. Салгус, разд. 29 — С. У. Эрдниева, разд. 26 — Г. В. Стульников, В. В. Черепанов и Г. А. Черепанова.

Редакторы и авторы приносят благодарность инженерам Т. В. Анчаровой и Н. В. Петровой за работу по оформлению справочника.

Составители справочника обращаются с просьбой к читателям присылать свои пожелания и замечания в издательство «Энергия» по адресу: 113114 Москва, Шлюзовая набережная, 10.

Опыт показывает важность учета замечаний и советов читателей при последующих изданиях.

*А. А. Федоров  
Г. В. Сербиновский*

# СОДЕРЖАНИЕ

## КНИГА ПЕРВАЯ

### ПРОЕКТНО-РАСЧЕТНЫЕ СВЕДЕНИЯ

	Стр.		Стр.
Предисловие . . . . .	3	Г. Категории приемников электроэнергии по степени бесперебойности электроснабжения . . . . .	72
<b>РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ</b>		2-16. Классификация приемников электроэнергии по требуемой степени бесперебойности электроснабжения . . . . .	72
<b>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . .	11	Список литературы . . . . .	73
1-1. Элементы комбинаторики . . . . .	11	<b>РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ</b>	
1-2. Случайные события . . . . .	12	<b>ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . .	73
1-3. Случайные величины . . . . .	17	3-1. Общие положения . . . . .	73
1-4. Законы распределения случайных величин . . . . .	27	3-2. Основные технико-экономические показатели . . . . .	74
1-5. Статистическая оценка законов распределения . . . . .	29	3-3. Некоторые математические методы в технико-экономических расчетах . . . . .	80
Приложения . . . . .	43	3-4. Методы приближения функций . . . . .	82
Список литературы . . . . .	45	3-5. Использование методов интерполяции в технико-экономических расчетах . . . . .	83
<b>РАЗДЕЛ ВТОРОЙ</b>		3-6. Использование методов аппроксимации в технико-экономических расчетах . . . . .	88
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ</b> . . . . .	46	3-7. Определение точек экстремума эмпирических функций в технико-экономических расчетах . . . . .	95
2-1. Общая часть . . . . .	46	3-8. Практические примеры решения задач без применения ЦВМ . . . . .	90
А. Основные понятия . . . . .	46	3-9. Общие положения применения ЦВМ для решения технико-экономических задач в системах электроснабжения промышленных предприятий . . . . .	94
2-2. Графики электрических нагрузок . . . . .	46	3-10. Порядок решения задач на цифровых вычислительных машинах . . . . .	95
2-3. Определение и обозначения основных физических величин . . . . .	47	Список литературы . . . . .	97
2-4. Показатели графиков нагрузок . . . . .	51	<b>РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ</b>	
2-5. Эффективное (приведенное) число приемников электроэнергии . . . . .	57	<b>РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ</b> . . . . .	97
Б. Определение средних и среднеквадратичных нагрузок и расхода электроэнергии . . . . .	59	4-1. Общие положения, определения и расчетные условия процесса короткого замыкания в системах напряжением выше 1 000 В . . . . .	98
2-6. Определение средних и среднеквадратичных нагрузок . . . . .	59	4-2. Определение расчетных величин . . . . .	100
2-7. Определение расхода электроэнергии . . . . .	61	4-3. Расчетная схема . . . . .	102
В. Определение расчетных и пиковых нагрузок . . . . .	63	4-4. Определение токов короткого замыкания при помощи расчетных кривых . . . . .	104
2-8. Общие рекомендации по выбору метода определения расчетных нагрузок . . . . .	63	4-5. Расчеты режимов несимметричных коротких замыканий . . . . .	106
2-9. Определение расчетной нагрузки по удельным показателям производства . . . . .	64	4-6. Особенности расчета токов короткого замыкания в сетях низкого напряжения промышленных предприятий . . . . .	111
2-10. Определение расчетной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса . . . . .	65		
2-11. Определение расчетной нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы . . . . .	65		
2-12. Определение расчетной нагрузки по средней мощности и среднеквадратичному отклонению . . . . .	66		
2-13. Определение расчетной нагрузки по средней мощности и коэффициенту максимума . . . . .	66		
2-14. Определение расчетной нагрузки отдельных узлов системы электроснабжения . . . . .	69		
2-15. Определение пиковых нагрузок . . . . .	72		

	Стр.		Стр.
4-7. Упрощенные методы расчета токов короткого замыкания	112	<b>РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ</b>	
4-8. Примеры расчета токов короткого замыкания	113	<b>ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЙ</b> . . . . .	191
4-9. Расчеты токов короткого замыкания в установках постоянного тока	117	8-1. Постановка вопроса . . . . .	191
4-10. Вспомогательные таблицы . . . . .	120	8-2. Определение величины рационального напряжения аналитическим расчетом . . . . .	193
Список литературы . . . . .	123	8-3. Приближенное определение величины рационального напряжения . . . . .	202
<b>РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ</b>		8-4. Выбор рационального напряжения при равномерно распределенной нагрузке . . . . .	220
<b>ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ИЗОЛЯТОРОВ И ТОКОВЕДУЩИХ УСТРОЙСТВ</b> . . . . .	123	Список литературы . . . . .	253
5-1. Общие положения . . . . .	123	<b>РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ</b>	
5-2. Выбор аппаратов и параметров токоведущих устройств по условиям длительной работы . . . . .	124	<b>ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И ЖИЛ КАБЕЛЕЙ</b> . . . . .	204
5-3. Проверка электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих устройств по току короткого замыкания . . . . .	125	9-1. Постановка вопроса . . . . .	204
5-4. Выбор и проверка выключателей с напряжением выше 1000 В . . . . .	126	9-2. Выбор сечений жил кабелей и проводов воздушных линий по нагреву расчетным током . . . . .	206
5-5. Выбор и проверка предохранителей . . . . .	127	9-3. Выбор сечения жил кабелей по нагреву током короткого замыкания . . . . .	207
5-6. Выбор и проверка выключателей нагрузки . . . . .	128	9-4. Выбор сечений жил кабелей и проводов воздушных линий по потерям напряжения . . . . .	208
5-7. Выбор и проверка разъединителей . . . . .	128	9-5. Выбор сечения жил кабелей и проводов по экономическим соображениям . . . . .	209
5-8. Выбор и проверка изоляторов . . . . .	129	Список литературы . . . . .	213
5-9. Выбор и проверка шин . . . . .	134	<b>РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ</b>	
5-10. Выбор и проверка реакторов . . . . .	140	<b>РЕЖИМ НЕЙТРАЛИ, ЗАЗЕМЛЕНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТА ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ</b> . . . . .	213
5-11. Выбор и проверка трансформаторов тока . . . . .	142	А. Режим нейтрали . . . . .	213
5-12. Выбор и проверка трансформаторов напряжения . . . . .	144	10-1. Общие положения . . . . .	213
Список литературы . . . . .	144	10-2. Системы с изолированной нейтралью . . . . .	215
<b>РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ</b>		10-3. Системы с компенсацией емкостных токов замыкания на землю . . . . .	217
<b>ВЫБОР СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ</b> . . . . .	144	10-4. Системы с глухозаземленной нейтралью . . . . .	218
6-1. Общие положения . . . . .	144	10-5. Выбор режима нейтрали электроустановок напряжением до и выше 1000 В . . . . .	220
6-2. Выбор схем по условиям надежности питания . . . . .	145	Б. Заземляющие устройства . . . . .	220
6-3. Общие положения о выборе местоположения питающих подстанций . . . . .	156	10-6. Общие положения . . . . .	220
6-4. Картограмма нагрузок . . . . .	151	10-7. Требования к заземляющим устройствам . . . . .	223
6-5. Определение условного центра электрических нагрузок . . . . .	157	10-8. Расчет заземляющих устройств . . . . .	226
6-6. Определение зоны рассеяния центра электрических нагрузок для статического состояния системы электро-снабжения промышленных предприятий . . . . .	160	10-9. Измерения заземляющих устройств . . . . .	232
6-7. Определение ориентации координатных осей, осей эллипса рассеяния и построение эллипса . . . . .	162	В. Молниезащита промышленных зданий и сооружений . . . . .	239
6-8. Определение зон увеличения приведенных расчетных годовых затрат при смещении подстанции из зоны рассеяния центра электрических нагрузок . . . . .	164	10-10. Молниезащита подстанций . . . . .	239
6-9. Определение местоположения ГПП (ГРП) с учетом динамики (развития) системы электро-снабжения промышленных предприятий . . . . .	165	10-11. Молниезащита воздушных линий . . . . .	243
6-10. Характерные схемы электро-снабжения промышленных предприятий . . . . .	166	10-12. Основные требования к устройствам молниезащиты для электроустановок . . . . .	244
Список литературы . . . . .	170	10-13. Молниезащита промышленных зданий и сооружений . . . . .	244
<b>РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ</b>		Список литературы . . . . .	256
<b>ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ</b> . . . . .	171	<b>РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ</b>	
7-1. Общие положения . . . . .	171	<b>БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ И ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ</b> . . . . .	258
7-2. Выбор числа трансформаторов . . . . .	171	11-1. Общие положения и физические понятия . . . . .	253
7-3. Выбор мощности трансформаторов . . . . .	172	11-2. Законы утечки токов из рельсов в землю . . . . .	258
7-4. Подсчет потерь мощности и энергии в силовых трехобмоточных трансформаторах . . . . .	183	11-3. Меры по ограничению величины блуждающих токов . . . . .	259
7-5. Подсчет потерь мощности и энергии в автотрансформаторах . . . . .	186	11-4. Защита от коррозии подземных металлических сооружений . . . . .	260
7-6. Определение мощности трансформатора при несимметричной нагрузке . . . . .	186	11-5. Методика контрольных измерений . . . . .	263
7-7. Общие выводы по вопросу выбора числа и мощности силовых трансформаторов . . . . .	187	11-6. Средства защиты сооружений от коррозии . . . . .	266
Список литературы . . . . .	191	Список литературы . . . . .	268
		<b>РАЗДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ</b>	
		<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ</b> . . . . .	269
		12-1. Схемы замещения воздушных и кабельных линий . . . . .	269

	Стр.		Стр.
12-2. Определение потерь мощности и энергии на корону	221	<b>РАЗДЕЛ СЕМНАДЦАТЫЙ</b>	
12-3. Предварительные сведения об электрическом расчете сети	273	<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ</b> . . . . . 338	
12-4. Электрический расчет участка с П-образной схемой замещения	275	17-1. Общие требования	338
12-5. Схемы замещения трансформаторов	277	17-2. Пункты установки измерительных приборов и счетчиков	339
12-6. Особенности электрического расчета разомкнутой распределительной сети	279	17-3. Измерение постоянного тока	341
12-7. Электрический расчет разомкнутых питающих сетей с номинальным напряжением 110—220 кВ	280	17-4. Измерение переменного тока	342
12-8. Электрический расчет сетей с несколькими номинальными напряжениями	280	17-5. Измерение напряжения	343
12-9. Выбор регулировочных отпаек трансформаторов	281	17-6. Фазировка измерительных трансформаторов	344
12-10. Электрический расчет простейших замкнутых сетей	283	17-7. Измерение мощности	347
12-11. Методы расчета режимов электрических сетей на ЦВМ	285	17-8. Измерение электрической энергии	350
Список литературы	286	17-9. Измерение коэффициента мощности	351
<b>РАЗДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ</b>		17-10. Измерение частоты	353
<b>РАСЧЕТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ</b> . . . . . 286		17-11. Измерение сопротивлений	353
13-1. Общие определения	286	17-12. Самоиндуцирующие приборы	355
13-2. Расчет проводов и тросов воздушных линий на механическую прочность в нормальном режиме	286	17-13. Осциллографы	355
Список литературы	293	17-14. Измерение средних и среднеквадратичных токов	357
<b>РАЗДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ</b>		Список литературы	357
<b>ШИНОПРОВОДЫ</b> . . . . . 293		<b>РАЗДЕЛ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ</b>	
14-1. Общие положения	293	<b>РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И ЗАЩИТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . . 358	
14-2. Распределение тока по сечению шин из цветного металла	293	18-1. Общие положения	358
14-3. Определение активного и реактивного сопротивлений шинопровода	296	18-2. Защита отдельных элементов системы электроснабжения	359
14-4. Потери мощности и напряжения в шинопроводах	298	18-3. Защита генераторов	359
14-5. Выбор сечения шинопроводов	299	18-4. Защита силовых трансформаторов и трансформаторов для электропечей	369
14-6. Проверка выбранного сечения шинопровода	301	18-5. Защита преобразовательных агрегатов	383
Список литературы	307	18-6. Защита блока генератор — трансформатор	389
<b>РАЗДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ</b>		18-7. Защита синхронных и асинхронных электродвигателей	391
<b>КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ</b> . . . . . 307		18-8. Защита синхронных компенсаторов	398
15-1. Общие положения	307	18-9. Защита конденсаторных батарей	399
15-2. Основные определения	309	18-10. Защита кабельных и воздушных линий напряжением 6—35 кВ, работающих в сетях с малыми токами замыкания на землю	400
15-3. Способы повышения коэффициента мощности на промышленных предприятиях	310	18-11. Оперативный ток в цепях защиты 1. автоматики	405
15-4. Компенсирующие устройства	313	18-12. Блски питания	409
15-5. Выбор компенсирующих устройств	315	Список литературы	411
15-6. Размещение компенсирующих устройств	318	<b>РАЗДЕЛ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ</b>	
15-7. Режимы работы компенсирующих устройств	318	<b>АВТОМАТИКА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . . 411	
15-8. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей напряжением 6—10 кВ	319	19-1. Общие положения	411
Список литературы	319	19-2. Характеристика и условия применения или действия устройств автоматики	412
<b>РАЗДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ</b>		19-3. Автоматическое повторное включение (АПВ)	413
<b>РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ</b> . . . . . 320		19-4. Автоматическое включение резерва (АВР)	427
16-1. Показатели качества напряжения	320	19-5. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных батарей	437
16-2. Влияние режима напряжения на работу приемников электроэнергии	321	19-6. Автоматическая разгрузка по частоте (АЧР)	444
16-3. Технические средства регулирования напряжения	328	Список литературы	446
16-4. Способы изменения и регулирования режима напряжений	332	<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЫЙ</b>	
16-5. Регулирование напряжения и анализ режима напряжений в промышленных сетях	334	<b>ДИСПЕЧЕРИЗАЦИЯ И ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> . . . . . 448	
Список литературы	338	20-1. Организация диспетчерских служб систем электроснабжения	448
		20-2. Технические средства диспетчеризации	448
		20-3. Многопроводные системы телеуправления	449

Стр.		Стр.
20-4.	Системы телеуправления с частотным разделением сигналов	449
20-5.	Системы телеуправления с временным разделением сигналов	451
20-6.	Объем автоматизации	454
20-7.	Объем телемеханизации	455
20-8.	Условные обозначения на электрических схемах с указанием объема телемеханизации и в немосхемах телемеханизации электроснабжения	455
20-9.	Устройства, применяемые при телемеханизации электроснабжения	457
20-10.	Особенности выполнения телемеханизированных подстанций	458
20-11.	Содержание отдельных сигналов, передаваемых на ДП	459
20-12.	Телеизмерения	459
20-13.	Пункты управления	460
20-14.	Диспетчерский щит	463
20-15.	Источники питания	464
20-16.	Каналы связи	464
20-17.	Заземление телемеханического оборудования	464
	Список литературы	464
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ</b>		
<b>ЭЛЕКТРОБАЛАНС</b> . . . . . 464		
20-1.	Основные положения по составлению электробаланса промышленных предприятий	464
21-2.	Методика определения потерь электроэнергии на промышленных предприятиях	465
21-3.	Примеры составления электробалансов	469
	Список литературы	477
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ВТОРОЙ</b>		
<b>ВЫБОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> . . . . . 477		
22-1.	Схемы преобразования	477
22-2.	Сравнительные данные ртутных и полупроводниковых преобразовательных установок	477
22-3.	Характеристики преобразовательных установок	481
	Список литературы	484
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ТРЕТИЙ</b>		
<b>ПОДСТАНЦИИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА</b> . . . . . 484		
23-1.	Классификация подстанций промышленных предприятий	484
23-2.	Наименьшие допустимые изоляционные и другие расстояния в распределительных устройствах и подстанциях	485
23-3.	Типы закрытых распределительных устройств 6—20 кВ промышленных предприятий	437
23-4.	Закрытые отдельно стоящие, встроенные и пристроенные трансформаторные подстанции 6—20 кВ	493
23-5.	Закрытая установка трансформаторов 6—20 кВ и вентиляция их камер	494
23-6.	Открытая установка трансформаторов 6—20 кВ у производственных зданий и столбовые подстанции	495
23-7.	Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) внутренней и наружной установки	497
23-8.	Распределительные устройства и подстанции 35—110 кВ	507
23-9.	Конструкции и компоновки распределительных устройств 35—110 кВ	508
	Список литературы	519

**КНИГА ВТОРАЯ****ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБОРУДОВАНИИ**

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

**РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ****ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ** . . . . . 11**А. Показатели электрических нагрузок отдельных групп приемников и потребителей электроэнергии** . . . . . 11

24-1.	Черная и цветная металлургия	11
24-2.	Горнодобывающая и топливная промышленность	15
24-3.	Машиностроительная, металлообрабатывающая и электротехническая промышленность	19
24-4.	Химическая промышленность	22
24-5.	Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	25
24-6.	Промышленность строительных материалов и строительство	30
24-7.	Легкая промышленность	33
24-8.	Пищевая и мясо-молочная промышленность	37

**Б. Удельные расходы электроэнергии** . . . . . 38

24-9.	Черная и цветная металлургия	38
24-10.	Горнодобывающая и топливная промышленность	41

24-11.	Машиностроительная, металлообрабатывающая и электротехническая промышленность	45
24-12.	Химическая промышленность	47
24-13.	Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	54
24-14.	Промышленность строительных материалов и строительство	59
24-15.	Легкая промышленность	61
24-16.	Пищевая и мясо-молочная промышленность	63
<b>В. Прочие показатели для определения электрических нагрузок и расхода электроэнергии</b>		
24-17.	Черная и цветная металлургия	65
24-18.	Горнодобывающая и топливная промышленность	67
24-19.	Машиностроительная, металлообрабатывающая и электротехническая промышленность	67
24-20.	Химическая промышленность	68
24-21.	Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	69
24-22.	Промышленность строительных материалов и строительство	71
24-23.	Легкая промышленность	71
24-24.	Пищевая и мясо-молочная промышленность	71
24-25.	Общие показатели различных отраслей промышленности	72
24-26.	Характерные графики электрических нагрузок предприятий различных отраслей промышленности	73
	Список литературы	84



	Стр.		Стр.
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ПЯТЫЙ</b>		<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТЫЙ</b>	
<b>КАТЕГОРИИ ПРИЕМНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО СТЕПЕНИ БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ</b> . . . . .	84	<b>СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ</b> . . . . .	245
25-1. Черная и цветная металлургия . . . . .	84	29-1. Двухобмоточные трансформаторы . . . . .	245
25-2. Горнодобывающая и топливная промышленность . . . . .	86	29-2. Трехобмоточные трансформаторы . . . . .	259
25-3. Машиностроительная, металлообрабатывающая и электротехническая промышленность . . . . .	88	29-3. Автотрансформаторы . . . . .	274
25-4. Химическая промышленность . . . . .	88	29-4. Сухие силовые трансформаторы общего назначения с естественным воздушным охлаждением . . . . .	267
25-5. Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность . . . . .	92	29-5. Шахтные и буровые трансформаторы . . . . .	268
25-6. Промышленность строительных материалов и строительная промышленность . . . . .	93	29-6. Трансформаторы для электропечных установок . . . . .	268
25-7. Легкая промышленность . . . . .	94	29-7. Технико-экономические данные трансформаторов для преобразовательных установок . . . . .	270
25-8. Пищевая и мясо-молочная промышленность . . . . .	95	Список литературы . . . . .	291
Список литературы . . . . .	96		
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ШЕСТОЙ</b>		<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЫЙ</b>	
<b>УКРУПНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (УПС)</b> . . . . .	97	<b>СИЛОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ</b> . . . . .	291
26-1. Кабельные линии . . . . .	97	30-1. Ртутные вентили . . . . .	291
26-2. Воздушные линии . . . . .	104	30-2. Ртутные преобразователи . . . . .	294
26-3. Подстанции . . . . .	107	30-3. Силовые кремниевые неуправляемые вентили . . . . .	298
26-4. Конденсаторные установки . . . . .	119	30-4. Силовые кремниевые управляемые вентили — тиристоры . . . . .	305
26-5. Акумуляторные батареи . . . . .	119	30-5. Полупроводниковые преобразователи . . . . .	308
26-6. Зарядные устройства . . . . .	121	30-6. Области применения ртутных и полупроводниковых преобразователей в промышленности . . . . .	313
26-7. Панели, щиты, шкафы . . . . .	122	Список литературы . . . . .	319
26-8. Демонтажные работы . . . . .	125		
26-9. Тарифные пояса и посылные коэффициенты по отдельным республикам, районам, областям и краям СССР . . . . .	125		
Список литературы . . . . .	135		
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ СЕДЬМОЙ</b>		<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ПЕРВЫЙ</b>	
<b>СВЕДЕНИЯ О РЕЛЕ ЗАЩИТЫ, АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ</b> . . . . .	126	<b>КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА</b> . . . . .	319
27-1. Технические данные реле . . . . .	126	31-1. Комплектные распределительные устройства (КРУ) внутренней установки . . . . .	319
27-2. Графические характеристики некоторых типов реле . . . . .	140	31-2. Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) . . . . .	334
27-3. Схемы внутренних соединений некоторых типов реле . . . . .	142	Список литературы . . . . .	343
27-4. Основные размеры реле . . . . .	143		
Список литературы . . . . .	144		
<b>РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ВОСЬМОЙ</b>		<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ВТОРОЙ</b>	
<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В</b> . . . . .	145	<b>ЭЛЕМЕНТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ</b> . . . . .	344
28-1. Опорные и проходные изоляторы . . . . .	145	32-1. Провода и тросы . . . . .	344
28-2. Разъединители и приводы к ним . . . . .	160	32-2. Линейные изоляторы . . . . .	345
28-3. Выключатели нагрузки . . . . .	174	32-3. Линейная арматура . . . . .	348
28-4. Предохранители . . . . .	177	Список литературы . . . . .	354
28-5. Выключатели и приводы к ним . . . . .	181		
28-6. Трансформаторы тока . . . . .	198		
28-7. Трансформаторы напряжения . . . . .	210		
28-8. Реакторы . . . . .	215		
28-9. Разрядники . . . . .	224		
28-10. Конденсаторы . . . . .	230		
28-11. Короткозамыкатели, отделители . . . . .	235		
28-12. Ящики сопротивлений . . . . .	238		
28-13. Выключатели быстродействующие постоянного тока . . . . .	241		
		<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ТРЕТИЙ</b>	
		<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО КАБЕЛЯМ, БЛОКАМ И МУФТАМ</b> . . . . .	354
		33-1. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели с бумажной пропитанной изоляцией . . . . .	354
		33-2. Кабели силовые с изоляцией из пропитанной бумаги . . . . .	360
		33-3. Кабели силовые с резиновой изоляцией . . . . .	363
		33-4. Кабели силовые с бумажной изоляцией в свинцовой оболочке с защитными наружными покровами, не распространяющими горения . . . . .	360
		33-5. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией и оболочкой на напряжение 1—35 кВ . . . . .	365
		33-6. Кабели силовые с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги для вертикальной прокладки . . . . .	368
		33-7. Кабели маслонаполненные среднего давления на напряжение 110 кВ . . . . .	369
		33-8. Муфты для кабелей 1; 6 и 10 кВ . . . . .	371
		Список литературы . . . . .	371

	Стр.		Стр.
<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ</b>		<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ПЯТЫЙ</b>	
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЩИТАМ, КОМПЛЕКТНЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВАМ, АВТОМАТАМ, ПУСКАТЕЛЯМ, РУБИЛЬНИКАМ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 000 В . . . . .</b>		<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ . . . . .</b>	
	372		403
34-1. Щиты серии ЩОВ59 . . . . .	372	35-1. Общие сведения . . . . .	403
34-2. Панели распределительные серии ПРС I и ПРС II . . . . .	373	35-2. Погрешности электроизмерительных приборов . . . . .	408
34-3. Панели серии ЩО59 . . . . .	373	35-3. Обозначения на электроизмерительных приборах . . . . .	403
34-4. Панели ПД и шкафы ШД . . . . .	376	35-4. Технические характеристики электроизмерительных приборов . . . . .	407
34-5. Панели переменного тока ПНН с автоматическим воздушным выключателем с электродвигательным приводом . . . . .	376	35-5. Габаритные чертежи щитовых электроизмерительных приборов . . . . .	407
34-6. Панели собственных нужд серии ПСН . . . . .	379	35-6. Основные схемы включения электроизмерительных приборов . . . . .	418
34-7. Панели постоянного тока серии ППН . . . . .	380	35-7. Технические характеристики счетчиков . . . . .	420
34-8. Комплектные устройства КУ-61, КУ-64 . . . . .	380	35-8. Габаритные чертежи и основные схемы включения счетчиков . . . . .	420
34-9. Пункты распределительные серии 9000 . . . . .	382	Список литературы . . . . .	426
34-10. Пункты распределительные серии ПРБ-59 . . . . .	385	<b>РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ШЕСТОЙ</b>	
34-11. Шкафы и пункты распределительные . . . . .	387	<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК . . . . .</b>	
34-12. Пункт распределительный переносный типа ПРП (А529) . . . . .	387		426
34-13. Распределительные устройства сборные серии РУС . . . . .	387	36-1. Основные положения по организации эксплуатации электроустановок . . . . .	426
34-14. Низковольтные распределительные устройства с установочными автоматами серий СУ9 400 и СУ9 500 . . . . .	388	36-2. Оперативные переключения . . . . .	426
34-15. Вводно-распределительное устройство серии ВРУ . . . . .	389	36-3. Основные положения выполнения монтажа электрооборудования . . . . .	435
34-16. Щитки (осветительные, этажные и квартирные) защищенного исполнения . . . . .	390	36-4. Приемка и эксплуатация воздушных линий . . . . .	437
34-17. Выключатели автоматические воздушные (автоматы) . . . . .	391	36-5. Монтаж кабельных линий . . . . .	443
34-18. Пускатели магнитные . . . . .	395	36-6. Эксплуатация кабельных линий . . . . .	452
34-19. Рубильники, рубящие переключатели, блоки «рубильник — предохранитель» и «предохранитель — выключатель» . . . . .	396	36-7. Монтаж силовых трансформаторов . . . . .	460
34-20. Предохранители . . . . .	396	36-8. Эксплуатация силовых трансформаторов . . . . .	466
Список литературы . . . . .	403	36-9. Эксплуатация трансформаторного масла . . . . .	471
		36-10. Монтаж электрических машин . . . . .	473
		36-11. Эксплуатация электрических машин . . . . .	433
		36-12. Монтаж распределительных устройств . . . . .	488
		36-13. Монтаж шинных устройств . . . . .	505
		36-14. Объем и нормы приема-сдаточных испытаний электрооборудования распределительных устройств . . . . .	511
		36-15. Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств и подстанций . . . . .	519
		36-16. Объем и нормы испытаний электрооборудования распределительных устройств, находящихся в эксплуатации . . . . .	525
		Список литературы . . . . .	528

РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**А. ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП ПРИЕМНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**24-1. ЧЕРНАЯ И ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ**

Таблица 24-1

Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{и}$	мощности $\cos\phi$	спроса $K_c$	включения $K_{в}$
Черная металлургия				
По группам однотипных приемников				
<i>Коксохимическое производство</i>				
Транспортеры	0,3—0,7	0,4—0,85	0,5—0,8	0,5—0,9
Транспортеры катучие	0,3	0,75	0,4	0,9
Питатели пластинчатые и ленточные	0,45	0,75	0,6	0,7—0,85
Дробилки молотковые	0,8	0,8	0,9	0,8
Дозировочные столы	0,25	0,5	0,35	0,8
Штабелеры	0,16	0,6—0,75	0,35	0,3—0,5
Углерегрузатели	0,14	0,5	0,2	0,6—0,85
Коксовыталькиватели	0,1	0,75	0,2	0,7
Загрузочные вагоны	0,3	0,6	0,4	0,2
Двересъемные машины	0,25	0,7	0,3	—
Электровозы сушильных вагонов	0,15	0,75	0,2	0,6
Скипсывые подъемники	0,05	0,5	0,3	0,1
Кабестаны	0,5	0,7	0,55	1,0
Вагоноопрокидыватели	0,35—0,45	0,5—0,6	0,4—0,5	0,75
<i>Доменный цех</i>				
Вентиляторы	0,7—0,95	0,7—0,87	0,75—0,95	1,0
Вентиляторы газовых горелок	0,65	0,85	0,7	1,0
Вращающиеся распределители	0,03	0,7	0,04	—
Грохоты кокса и затворы	0,12	0,5	0,15	0,25
Разливочная машина	0,3	0,6	0,35	—
Бегуны	0,7	0,65	0,75	—
Воздухоагрегателы	0,6	0,82	0,6	—
Газоочистка	0,7	0,7	0,75	—
Краны рудного двора	0,35	0,7	0,5	—
Грейферные краны	0,35	—	0,4	—
<i>Мартеновский цех</i>				
Насосы питательные	0,9	0,9	0,95	1,0
Дымососы	0,9	0,9	0,95	1,0
Печные заслонки мартеновских печей	0,25	0,6	0,3	—
Магнитные краны	0,5	—	0,6	—
Вентиляторы принудительного дутья	0,5—0,6	0,7—0,8	0,6—0,7	1,0
Краны разливочные	0,22	—	0,25	—

Продолжение табл. 24-1

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Краны заливочные	0,2	0,6	0,25	—
Завалочные машины	0,35	—	0,4	—
Краны двора изложниц	0,4	0,6	0,5	—
<i>Вспомогательные механизмы прокатных станов</i>				
Рольганги раскатные	0,1—0,3	0,6	0,1—0,4	—
Рольганги индивидуальные	0,15	По данным завода-из- готовителя	0,2	—
Рольганги у ножниц	0,22	—	0,25	—
Рольганги приемные	0,34	—	0,4	—
Рольганги у весов	0,3	—	0,35	—
Рольганги центральные	0,1	0,88	0,15	0,25
Рольганги отводящие	0,25	—	0,35	—
Рольганги станинные	0,2	—	0,25	0,45
Рольганги стана 140	0,15	—	0,2	—
Рольганги стана 250-1	0,1	—	0,15	—
Рольганги в среднем	0,17	—	0,2	—
Роликотравильные машины	0,15	—	0,2	—
Преобразователи частоты рольгангов	0,2—0,5	—	0,25—0,55	—
Кантователи	0,2	0,7	0,3	0,1
Кантователи основной и дополнительной клетки стана 300	0,35	—	0,4	—
Манипуляторы, нажимные устройства	0,2	—	0,25	0,6
Сталкиватели	0,12	—	0,14	—
Толкатели слябов	0,32	—	0,35	0,15
Штабелирующие столы	0,1	0,8	0,16	—
Вентиляторы машинных залов	0,65	0,8	0,7	—
Вентиляторы прокатных станов	0,7—0,75	0,75—0,9	0,7—0,9	1,0
Краны отделения разведения слитков	0,3	—	0,4	—
Клещевые (колодезные) краны	0,5—0,6	—	0,6—0,7	—
Транспортные краны готовой продукции	0,45	0,6	0,5	—
Краны отделения заготовок	0,45	0,6	0,5	—
Шарнир-краны	0,3	0,6	0,35	—
Транспортеры обрезков-слябов	0,1—0,22	—	0,15—0,25	—
Слитковозы	0,2	—	0,25	—
Трансферкары, привод	0,35—0,45	—	0,5—0,6	—
Подъемные столы, толкатели	0,15	—	0,19	—
Двигатели крышек	0,1	0,65	0,15	0,1
Ножницы холодной резки	0,45	0,65	0,5	—
Пилы и ножницы горячей резки	0,15	0,9	0,2	—
Ножницы блюминга	0,25	0,5	0,3	—
Транспортеры ножниц	0,25	0,9	0,3	—
Ножницы района холодильника	0,3	0,5	0,35	—
Вращение и перемещение пил горячей резки	0,5	—	0,5	—
Направляющие линейки и нажимные меха- низмы чистовых клетей	0,01	0,75	0,015	—
Тянущие ролики металла	0,2—0,4	—	0,5	—
Гильотинные ножницы	0,13	0,5	0,15	—
Шлеппера	0,25	0,7	0,35	—
Крышки нагревательных колодцев, шиберы, перекидка клапанов, заслонки нагрева- тельных печей, тарельчатые клапаны	0,1	0,6	0,15	—
<i>Установки непрерывной разливки стали (УНРС)</i>				
Механизмы качания кристаллизатора	0,6	0,8	0,7	—
Тянущая клеть	0,7	0,8	0,75	—
Механизмы газовой резки	0,5	0,7	0,6	—
Механизмы уборки отрезанных слитков	0,5	0,6	0,6	—
Технологические вентиляторы	0,8	0,8	0,85	—
Насосы насосно-аккумуляторной станции	0,6	0,8	0,7	—
УНРС в целом	0,6	0,7	0,7	—
<i>Черносплавное производство</i>				
Транспортеры, элеваторы, питатели	0,45—0,5	0,7	0,55	—
Газодувки	0,8	0,9	0,9	—
Насосы, дымососы	0,65—0,7	0,85	0,8	—
Краны	0,15—0,2	0,6	0,2	—
Механизмы открывания фрагм	0,02	0,5	0,2	—
Вспомогательные механизмы печей	0,12	0,6	0,2	—
Очистные барабаны	0,25	0,65	0,4	—
Дробилки, грохоты	0,7	0,8	0,8	—
<i>Огнеупорные заводы и цехи</i>				
Дробилки молотковые	0,8	0,85	0,85	—
Дробилки конусные	0,55—0,7	0,75—0,8	0,6—0,75	—
Мельницы шаровые	0,8	0,8	0,85	—
Мельницы стержневые	0,7	0,75	0,75	—
Грохоты	0,5—0,6	0,6—0,7	0,55—0,65	—

Продолжение табл. 24-1

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{\text{И}}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{\text{С}}$	включения $K_{\text{В}}$
Конвейеры до 10 кВт	0,4—0,5	0,7—0,8	0,45—0,55	—
Конвейеры свыше 10 кВт	0,55—0,75	0,6—0,85	0,6—0,8	—
Питатели пластинчатые, тарельчатые, бара- банные, дисковые	0,3—0,4	0,5—0,6	0,35—0,45	—
Элеваторы, шнеки	0,6	0,7	0,7	—
Механизмы вращающихся печей	0,6	0,7	0,7	—
Дымососы печей	0,7	0,8	0,8	—
Краны, электролафеты	0,1—0,2	0,6—0,7	0,1—0,3	—
Толкатели туннельных печей	0,2	0,5	0,25	—
Прессы гидравлические и фрикционные	0,6—0,65	0,75—0,8	0,7—0,75	—
Насосно-аккумуляторные станции	0,7	0,8	0,76	—
Электрофильтры	0,5	0,7	0,55	—
Механизмы пылеуборки	0,46	0,85	0,5	—
Сушильные барабаны	0,6	0,7	0,7	—
Магнитные сепараторы	0,4	—	0,45	—
<i>Метизное производство</i>				
<i>Сталепроволочное и железопроволочное производство</i>				
Волоочильные станы	0,3—0,45	0,8—0,87	0,4—0,5	—
Электропечи сопротивления для термиче- ской обработки	0,6—0,65	1,0	0,65—0,7	—
Производственные вентиляторы и воздухо- дувки	0,65	0,75	0,7	—
Центробежные насосы	0,6	0,7	0,65	—
Краны и тельферы	0,1	0,65	0,15	—
Сварочные аппараты	0,05	0,6	0,06	—
<i>Калибровочное производство<sup>1</sup></i>				
Электропечи сопротивления для термиче- ской обработки	0,35—0,4	0,78	0,4—0,45	—
	0,6—0,65	1,0	0,65—0,7	—
<i>Крепежное производство<sup>1</sup></i>				
Автоматические линии изготовления гаек, болтов, шурупов	0,35—0,4	0,65—0,7	0,4—0,5	—
Электропечи сопротивления для термиче- ской обработки	0,6	1,0	0,7	—
<i>Холоднопрокатное производство<sup>1</sup></i>				
Прокатное и отделочное отделения (станы)	0,3—0,4	0,8—0,85	0,35—0,45	—
Электропечи сопротивления для термиче- ской обработки	0,6	1,0	0,7	—
Агрегаты непрерывного травления	0,4—0,45	0,75—0,8	0,4—0,5	—
<i>Канатное производство<sup>1</sup></i>				
Канатные машины	0,35—0,4	0,71	0,4—0,5	—
<i>Электродное производство<sup>1</sup></i>				
Прессовка и сушка электродов	0,35—0,45	0,7—0,8	0,4—0,5	—
Дробильно-сушильное отделение и смеси- тели	0,4—0,45	0,65—0,7	0,45—0,5	—
Волоочильные станы порошковой проволоки	0,3—0,4	0,7—0,8	0,35—0,45	—
Вентиляторы пневмотранспорта	0,6—0,65	0,8—0,85	0,65—0,7	—
<i>Сеточное производство</i>				
Плетельные станки	0,35—0,4	0,65—0,7	0,4—0,45	—
Сварочные автоматы	0,2—0,25	0,6—0,65	0,25—0,3	—
<i>Гвоздильное производство</i>				
Автоматы	0,35—0,4	0,6—0,7	0,4—0,45	—
Насосы эмульсионного хозяйства	0,45	0,65	0,5	—
<i>Производство покрытий</i>				
Агрегаты гальванических покрытий	0,6	0,78	0,65	—
Горячее покрытие (агрегат с электрованной оцинкования или лужения)	0,6	1,0	0,65	—
Воздуходувки для растворов	0,6	0,7	0,65	—
<i>Термические и сварочные приемники элек- троэнергии<sup>2</sup></i>				
Печи сопротивления с непрерывной загруз- кой	0,8	0,95—0,8	0,85	—
Печи сопротивления с автоматической за- грузкой изделий, сушильные шкафы, на- гревательные приборы	0,5—0,6	0,95—0,98	0,7—0,8	—
Руднотермические печи с трехфазными трансформаторами 6, 7,5 и 9 МВ·А	0,9	0,9	0,95	1,0
Сушильные шкафы	0,75—0,8	1,0	0,8—0,85	0,8
Сварочные трансформаторы ручной элек- тросварки:				
однопостовые	0,2	0,3—0,4	0,3—0,35	—
многопостовые	0,25	0,35—0,45	0,4	—



Продолжение табл. 24-1

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \Phi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Сварочные трансформаторы автоматической сварки	0,3—0,4	0,4—0,5	0,4—0,5	—
Сварочные двигатель-генераторы:				
однопостовые	0,3	0,6—0,65	0,35	—
многопостовые	0,5	0,7—0,75	0,6	—
Сварочные машины шовные	0,2—0,5	0,7	0,35—0,5	—
То же стыковые и точечные	0,2—0,25	0,7	0,25—0,35	—
Сварочные дуговые автоматы типа АДС	0,35	0,5	0,5	—
<i>Общезаводские механизмы и установки</i>				
Насосы	0,6—0,7	0,75—0,85	0,7—0,8	1,0
Компрессоры	0,65	0,8	0,75—0,8	—
Механическое станочное оборудование	0,16	0,5—0,6	0,2	—
Деревообрабатывающие станки	0,55	0,75	0,65	—
Сантехвентиляция	0,6—0,7	0,7—0,8	0,65—0,75	—
Котельная	0,6	0,75	0,7	—
По цеху (заводу) в целом				
Коксохимический завод с углемойкой без сероочистки	0,2	0,95	0,3	—
Доменный цех	0,5	0,77—0,94	0,6	—
Мартеновский цех с котлами-утилизаторами	0,2	0,74	0,3	—
То же без котлов-утилизаторов	0,13	—	0,2	—
Блюминг с нагревательными колодцами:				
главный привод	0,65	—	0,75	—
механизмы и краны	0,25	—	0,35—0,4	—
Всего по стану	0,3—0,4	0,83	0,4—0,6	—
Заготовочный стан 900	0,45	—	0,6—0,65	—
Трубопрокатный стан (агрегат Штифеля) 130—360 мм	0,5	0,47—0,58	0,6	—
Прошивной стан 250-1	0,25	—	0,26	—
Автомат-стан 250-1	0,22	—	0,35	—
Редукционный и калибровочный станы	0,14	—	0,19	—
Калибровочный стан и механизмы трубоотделки	0,31	—	0,59	—
Вспомогательные механизмы автомат-стана 250-1	0,28	—	0,45	—
Рельсобалочный стан	0,3	—	0,4	—
Сортовые станы 300	0,4	0,87—0,97	0,5	—
Мелкосортные и проволочные станы	0,35	—	0,5	—
Тонколистовой стан, включая отжиг	0,4	1,0	0,5	—
Преобразовательный агрегат главного подъемника доменного цеха <sup>3</sup>	0,4	0,85	0,5	—
Ремонтные и вспомогательные цеха	0,3—0,4	0,7—0,93	0,4—0,5	—
Огнеупорный цех (завод):				
отделение вращающихся печей	0,65—0,75	0,75—0,8	0,7—0,8	—
формовочно-прессовое отделение	0,6—0,7	0,75—0,8	0,65—0,75	—
дробильно-сортировочное отделение	0,55—0,65	0,7—0,75	0,6—0,7	—
отделение туннельных печей	0,55—0,65	0,75—0,8	0,6—0,7	—
склады сырья и глинодробильное отделение	0,45	0,76	0,5	—
Цветная металлургия <sup>4</sup>				
По группам однотипных приемников				
Питатели пластичатые и реагентные	—	0,84	0,87	—
То же ленточные и дисковые	—	0,72	0,7	—
Дробилки щековые	—	0,71	0,68	—
Дробилки конусные	—	0,8	0,7	—
Маслонасосы	—	0,8	0,7	—
Двигатель-генераторы	—	0,83	0,8	—
Вентиляторы	—	0,75	0,65	—
Кран-балки	—	0,5	0,2	—
Конвейеры	—	0,7	0,6	—
Мельницы шаровые	—	0,83	0,9	—
Классификаторы	—	0,8	0,85	—
Отсадочные машины	—	0,7	0,6	—
Флотационные машины	—	0,75	0,95	—
Пенотоны	—	0,75	0,95	—
Чаны контактные	—	0,65	0,65	—
Вертикальные насосы	—	0,8	0,7	—
Сгустители	—	0,7	0,7	—
Насосы диафрагмовые	—	0,8	0,7	—
Вакуум-фильтр	—	0,75	0,7	—
Насосы песковые	—	0,85	0,8	—

Продолжение табл. 24-1

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
Вакуум-насосы	—	0,78	0,7	—
Воздуходувки	—	0,78	0,75	—
Насосы фильтратов	—	8	0,7	—
Столы концентрата	—	0,7	0,6	—
Транспортеры склада концентрата	—	0,82	0,3	—
Лебедки скреперные склада концентрата	—	0,7	0,2	—

<sup>1</sup> Показатели электрических нагрузок транспортного и термического оборудования аналогичны соответствующим показателям, приведенным в табл. 24-3.

<sup>2</sup> Показатели электрических нагрузок прочих термических и сварочных приемников аналогичны приведенным в табл. 24-3.

<sup>3</sup> При синхронном двигателе с опережающим током.

<sup>4</sup> Показатели электрических нагрузок прочих приемников аналогичны приведенным в табл. 24-2 и 24-3.

## 24.2. ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ И ТОПЛИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-2

### Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
<i>Горнорудные предприятия с подземным способом разработки</i>				

По группам однотипных приемников

Компрессоры стационарные мощностью, кВт:				
до 200	0,75	0,75	0,8	—
от 200 до 400	0,8—0,85	0,8*	0,85	—
свыше 400	0,9	0,8*	0,9—0,95	—
Насосы мощностью, кВт:				
до 50	0,7	0,75	0,7	—
от 50 до 200	0,75	0,8	0,8	—
от 200 до 500	0,8	0,8*	0,85	—
свыше 500	0,8—0,9	0,85*	0,9	—
Вентиляторы главного проветривания мощностью, кВт:				
до 200	0,7	0,8	0,8	—
от 200 до 800	0,75—0,8	0,8*	0,9	—
свыше 800	0,8—0,9	0,85*	0,95	—
Вентиляторы частичного проветривания	0,65	0,8	0,7	—
Вентиляторы сантехнические	0,65	0,8	0,65	—
Ртутные выпрямители металлические	0,9	0,9	0,9	—
Селеновые выпрямители	0,8	0,8	0,8	—
Ртутные выпрямители стеклянные	0,75	0,75	0,9	—
Толкатели	0,6	0,65	0,6	—
Опрокидыватели	0,6	0,65	0,6	—
Качающиеся площадки	0,6	0,65	0,6	—
Шахтные двери	0,5	0,65	0,5	—
Дозаторы	0,5	0,65	0,7	—
Бункерные затворы	0,5	0,65	0,5	—
Погрузочные машины	0,65	0,65	0,7	—
Скреперные лебедки мощностью, кВт:				
до 15	0,5	0,65	0,5	—
свыше 15	0,6	0,65	0,7	—
Лебедки на материальных уклонах	0,6	0,65	0,7	—
Подъемники лифтовые	0,2	0,65	0,3	—
Подъемы мощностью, кВт:				
до 200	0,6	0,65	0,7	—
от 200 до 1 000	0,65	0,75*	0,75	—
свыше 1 000	0,7	0,8*	0,8	—
Электросверла колонковые и ручные	0,4	0,7	0,5	—
Станки ударно-вращательного бурения	0,4—0,5	0,65	0,5—0,6	—
Станки вращательного бурения	0,4—0,5	0,7	0,5—0,7	—

Продолжение табл. 24-2

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{и}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_c$	включения $K_{в}$
Механизмы обработки земли в литейных цехах	0,6	0,65	0,65	—
Горны	0,5	0,75	0,7	—
Двигатель-генераторы сварочные	0,6	0,75	0,7	—
Сварочные агрегаты <sup>1</sup>	0,5	0,75	0,7	—
Дробилки крупного дробления — щековые и конусные с двухдвигательным приводом	0,7	0,72	0,8	—
Дробилки конусные крупного дробления с однодвигательным приводом, дробилки конусные и щековые среднего дробления, одновалковые дробилки мелкого дробления	0,7	0,75	0,75	—
Дробилки конусные и четырехвалковые мелкого дробления	0,7	0,85	0,8	—
Питатели лотковые тяжелые (мощностью свыше 10 кВт), классификаторы спиральные	0,6	0,8	0,8	—
Питатели ленточные, барабанные, маятниковые, лотковые (мощностью до 10 кВт), улитковые, грохоты разные	0,5	0,72	0,7	—
Конвейеры легкие (мощностью до 4,5 кВт), питатели реагентные разные, лебедки	0,6—0,65	0,63	0,65—0,7	—
Конвейеры тяжелые с шириной ленты до 1 400 мм, шнеки, элеваторы, механические топki, питатели пластинчатые и тарельчатые	0,7	0,75	0,75—0,8	—
Конвейеры сверхтяжелые с шириной ленты 1 600—2 000 мм	0,8	0,85*	0,8	—
Электровибрационные механизмы	0,6	0,65	0,6—0,7	—
Вагонспрокидыватель	0,35—0,45	0,5—0,6	0,4—0,5	—
Вакуум-насосы	0,8	0,85	0,95	—
Лабораторное оборудование:				
электродвигатели	0,5	0,65	0,6	—
нагревательные приборы	0,7	1,0	0,5—0,8	—
Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0,15—0,4	0,5	0,2—0,5	—
Печи сопротивления, нагревательные приборы, сушильные шкафы	0,8	1,0	0,8	—
Горнорудные предприятия с открытым способом разработки <sup>2</sup>				

## По группам однотипных приемников

Экскаваторы одноковшовые с приводом на постоянном токе по системе ДГД:				
на добыче при грунтах:				
тяжелых	—	} 0,65—1,0*	0,55—0,75	—
средних	—		0,53—0,73	—
легких	—		0,5—0,7	—
на вскрыше при грунтах:				
тяжелых	—	} 0,65—1,0*	0,5—0,7	—
средних	—		0,45—0,65	—
легких	—		0,4—0,68	—
Экскаваторы одноковшовые с приводом на переменном токе при грунтах:				
тяжелых	—	} 0,65	0,44—0,88	—
средних	—		0,43—0,59	—
легких	—		0,42—0,58	—
Экскаваторы многоковшовые при грунтах:				
тяжелых	—	} 0,75	0,6—0,8	—
средних	—		0,7—0,75	—
легких	—		0,65—0,7	—
Станки вращательного бурения	0,4—0,6	0,7	0,5—0,7	—
Компрессоры стационарные мощностью, кВт:				
до 200	0,7	0,8	0,8	—
от 200 до 400	0,8	0,8*	0,85	—
Компрессоры передвижные	0,7	0,8	0,8	—
Землесосы и песковые насосы мощностью, кВт:				
до 50	0,8	0,8	0,8	—
свыше 50	0,85	0,8	0,9	—

Продолжение табл. 24-2

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
Вентиляторы производственные	0,7	0,78	0,7—0,85	—
Вентиляторы санитарные	0,65	0,75—0,8	0,65	—
Вентиляторы главного проветривания мощностью, кВт:				
от 200 до 800	0,75—0,8	0,8*	0,8—0,9	—
свыше 800	0,85—0,9	0,85*	0,95	—
Скреперные лебедки мощностью, кВт:				
до 10	0,3	0,7	0,35	—
от 10 до 15	0,6	0,7	0,65	—
свыше 15	0,6	0,7	0,7	—
Лебедки маневровые и откаточные	0,55	0,75	0,6	—
Подъемы мощностью свыше 2 000, кВт	0,8	0,8*	0,95	—
Конвейеры ленточные длиной, м:				
до 30	0,6	0,65	0,65	—
от 30 до 100	0,6	0,65	0,6—0,7	—
Конвейеры тяжелые с шириной ленты до 1 400 мм	0,7—0,75	0,75	0,75—0,8	—
Питатели пластинчатые и тарельчатые	0,7—0,75	0,72	0,75—0,85	—
Питатели лотковые тяжелые (мощностью свыше 10 кВт)	0,7	0,8	0,8	—
Элеваторы, шнеки	0,7—0,75	0,75	0,75—0,8	—
Электровибрационные механизмы	0,6—0,8	0,65	0,7—0,9	—
Дробилки крупного дробления щековые и конусные с двухдвигательным приводом	0,45—0,5	0,85	0,5—0,6	—
Дробилки конусные и четырехвалковые мелкого дробления	0,7—0,9	0,85	0,7—0,9	—
Дробилки конусные крупного дробления с однодвигательным приводом, дробилки конусные и щековые среднего дробления, одновалковые дробилки мелкого дробления	0,6—0,7	0,75	0,65—0,75	—
Краны мостовые, грейферные, кран-балки, тельферы, лифты	0,15—0,35	0,5	0,2—0,5	—
Печи сопротивления, нагревательные приборы, сушильные шкафы	0,8	0,95	0,8	—
Сварочные двигатель-генераторы однофазные	0,3	0,6	0,7	—
Сварочные машины стыковые и точечные	0,35	0,6	0,5	—
Сварочные дуговые автоматы типа АДС <sup>1</sup>	0,35	0,5	0,5	—
Станки холодной обработки металлов	0,3—0,35	0,65	0,4	—
Горнообогатительные комбинаты и агломерационные фабрики				

## По группам однотипных приемников

Насосы, вентиляторы, компрессоры, газодувки, эксгаустеры				
Насосы водяные	0,7—0,8	0,8—0,85	0,75—0,9	1,0
Насосы песковые	0,9	0,8	0,91	1,0
Вакуум-насосы	0,95	0,85	0,95	1,0
Вентиляторы	0,6—0,8	0,75—0,85	—	1,0
Вентиляторы к дробилкам	0,4—0,5	0,7—0,75	—	1,0
Вентиляторы высокого давления аглофабрики	0,75	0,85	—	1,0
Аглоэксгаустеры (воздуходувки) <sup>3</sup>	0,5—0,6	0,6—0,7	0,6—0,7	1,0
Механизмы дробления и измельчения				
Дробилки молотковые	0,8	0,85	—	1,0
Дробилки конусные	0,6—0,7	0,75—0,8	—	1,0
Дробилки четырехвалковые	0,9	0,9	—	1,0
Мельницы шаровые <sup>4</sup>	0,8	0,8	—	1,0
Мельницы стержневые	0,7	0,75	—	1,0
Грохоты	0,5—0,6	0,6—0,7	—	1,0
Механизмы непрерывного транспорта				
Транспортеры ленточные мощностью 170 кВт	0,5—0,6	0,65—0,75	—	1,0
То же мощностью свыше 170 кВт <sup>4</sup>	0,5—0,6	0,7—0,8	—	1,0
Конвейеры мощностью до 10 кВт	0,4—0,5	0,6—0,7	—	—
То же мощностью свыше 10 кВт	0,55—0,75	0,7—0,8	—	—
Конвейеры корпуса крупного дробления	0,5—0,65	0,6—0,85	—	—

Продолжение табл. 24-2

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \phi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
Питатели пластинчатые, тарельчатые, барабанные и дисковые	0,3—0,4	0,5—0,6	—	—
Элеваторы, шнеки	0,6	0,7	—	—
<i>Механизмы фильтрации и обогачения</i>				
Сгустители	0,7	0,8	—	1,0
Барабаны смесительные	0,6—0,7	0,8	—	1,0
Чашевые охладители	0,7	0,85	—	1,0
Столы концентрационные и реагентные	0,6	0,7	—	1,0
Сушильные барабаны и сепараторы	0,6	0,7	—	1,0
Классификаторы спиральные и речные	0,65	0,8	—	1,0
Флотационные машины	0,9	0,8	—	1,0
Электрофильтры	0,4	0,87	—	1,0
<i>Магнитные сепараторы:</i>				
индивидуальные (на постоянном токе)	0,4	—	—	1,0
двигатель-генераторы	0,7	0,8	—	1,0
Вакуум-фильтры (лента, барабаны)	0,3	0,4	—	—
Вагоноопрокидыватели	0,6	0,5	—	—
Грейферные краны	0,2	0,6	—	—
<i>Угольные шахты</i>				
<b>По цеху (установка и т. п.) в целом</b>				
Клетевой подъем дренажной шахты	—	0,7	0,7	—
Корпус дробления	—	0,7	0,6	—
Сушильный корпус	—	0,75	0,65	—
Радиальные сгустители	—	0,75	0,65	—
Погрузка угля	—	0,75	0,4	—
Шламовое хозяйство	—	0,75	0,7	—
Околоствольный двор	—	0,7	0,6—0,7	—
Собственные нужды скиповых угольных подъемников	—	0,7	0,7	—
Клетевые подъемники	—	0,7	0,7	—
Технологический комплекс	—	0,7	0,6—0,7	—
Котельная	—	0,7	0,7	—
Калориферная	—	0,75	0,7	—
Насосная	—	0,75	0,7—0,8	—
Административно-бытовой комбинат	—	0,7	0,6	—
Прочие мелкие установки	—	0,7	0,7	—
Очистные работы	—	0,6	0,4	—
Подготовительные работы	—	0,9	0,4—0,7	—
Прочие механизмы	—	0,7	0,7	—
<i>Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность</i>				
<b>По установке, процессу в целом</b>				
Компрессорные станции	—	0,8—0,85	0,85—0,9	—
Глубиннонасосные установки	—	0,5—0,8	0,45—0,6	—
Насосные станции по перекачке воды	—	0,75—0,85	0,6—0,8	—
Насосные станции по перекачке нефти	—	0,7—0,8	0,4—0,6	—
Бурящиеся буровые	—	0,6—0,75	0,25—0,7	—
Нефтедобывающий район в целом	—	0,7—0,8	0,3—0,6	—
<i>Электрообессоливающая установка при установленной мощности, кВт:</i>				
130	—	0,7	0,55	—
350	—	0,85	0,8	—
Депарафинизация масел	—	0,85	0,95	—
Атмосферно-вакуумная трубчатка с электроприводом	—	0,88	0,8	—
Вторичная перегонка	—	0,85	0,95	—
Деасфальтизация	—	—	0,4	—
Феюльные установки	—	0,85	0,95	—
Термический крекинг	—	—	0,85	—
Азеотропная установка	—	—	0,4	—
Алкилирование	—	0,86	0,65	—
Газофракционирующая установка	—	0,84	0,7	—
Каталитический крекинг	—	0,9	0,85	—
Сернокислотная очистка	—	—	0,3	—
Гидроформинг	—	—	0,5	—

<sup>1</sup> Показатели электрических нагрузок прочего сварочного оборудования аналогичны приведенным в табл. 24-3.

<sup>2</sup> Показатели электрических нагрузок приемников горнорудных предприятий с открытым способом разработки, не указанных ниже, аналогичны соответствующим приемникам горнорудных предприятий с подземным способом разработки.

<sup>3</sup> С синхронными двигателями при опережающем токе, с асинхронными — при отстающем.

<sup>4</sup> С синхронными двигателями при опережающем токе.

\* Для асинхронных двигателей коэффициент мощности принимается равным 0,65; для синхронных двигателей — равным 1,0 или опережающим (по расчету).



### 24-3. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ, МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-3

Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{II}$	мощности $\cos \Phi$	спроса $K_c$	включения $K_B$
Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность				
По группам однотипных приемников				
<i>Металлорежущие станки</i>				
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные и т. п.	0,12	0,4	0,14	0,55
То же при крупносерийном производстве	0,16	0,5	0,2	0,57
То же при тяжелом режиме работы: штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные и расточные станки	0,17	0,65	0,25	—
То же с особо тяжелым режимом работы: приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2	0,65	0,35	—
Многоподшипниковые автоматы для изготовления деталей из прутков	0,2	0,5	0,23	0,88
Шлифовальные станки шарикоподшипниковых заводов	0,2—0,35	0,65	0,25—0,4	—
Автоматические поточные линии обработки металлов	0,5—0,6	0,7	0,5—0,6	—
Переносный электроинструмент	0,06	0,5	0,1	—
<i>Подъемно-транспортные механизмы</i>				
Элеваторы, транспортеры, шнеки, конвейеры несблокированные	0,4	0,75	0,5	—
То же сблокированные	0,55	0,75	0,65	—
Краны, тельферы при ПВ=25%	0,05	0,5	0,1	—
То же при ПВ=40%	0,1	0,5	0,2	—
<i>Сварочное оборудование</i>				
Сварочные трансформаторы для ручной сварки	0,3	0,35	0,35	—
Сварочные машины шовные	0,25	0,7	0,35	—
То же стыковые и точечные	0,35	0,6	0,6	—
Сварочные трансформаторы для автоматической и полуавтоматической сварки	0,35	0,5	0,5	—
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6	0,35	—
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7	0,7	—
<i>Электрические печи</i>				
Печи сопротивления с непрерывной (автоматической) загрузкой, сушильные шкафы	0,7	0,95	0,8	0,85
То же с периодической загрузкой	0,5	0,85	0,6	0,6
Мелкие нагревательные приборы	0,6	1,0	0,7	0,6
Индукционные печи низкой частоты	0,7	0,35	0,8	—
Двигатель-генераторы индукционных печей высокой частоты	0,7	0,8	0,8	—
Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	0,7	0,65	0,8	—
Дуговые сталеплавильные печи емкостью от 3 до 10 т с автоматическим регулированием электродов:				
для качественных сталей с механизированной загрузкой	0,75	0,9	0,8	0,85
для качественных сталей без механизированной загрузки	0,6	0,87	0,65	0,7
для фасонного литья с механизированной загрузкой	0,75	0,9	0,8	0,85
для фасонного литья без механизированной загрузки	0,65	0,87	0,7	0,75

Продолжение табл. 24-3

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
Дуговые сталеплавильные печи ёмкостью от 0,5 до 1,5 т для фасонного литья (в подсобных цехах с автоматическим регулированием электродов)	0,5	0,8	0,55	0,6
Дуговые печи цветного металла (медные сплавы) ёмкостью от 0,25 до 0,5 т с ручным регулированием электродов	0,7	0,75	0,78	0,7
<i>Насосы, вентиляторы, компрессоры</i>				
Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	0,8	0,75	—
Вентиляторы, эксгаустеры, вентиляционное оборудование	0,65	0,8	0,7	—
Электротехническая промышленность				
По группам однотипных приемников				
<i>Специальное технологическое оборудование</i>				
Бараны смесительные и сушильные, скрубберы	0,6—0,7	—	0,7—0,8	—
Электромагнитные сепараторы индивидуальные	0,4	—	0,6	—
Двигатель-генераторы	0,7	—	0,8	—
Электровибрационные машины	0,8	—	0,9	—
Кузнечные машины (механизмы кузнечных цехов)	0,25—0,35	—	0,4	—
Литейные машины, очистные и кантовочные бараны, бегуны, шаровые мельницы и т. п.	0,3	—	0,4	—
<i>Оборудование электролампового производства</i>				
Заварочные откатные автоматы	0,4—0,6	—	0,7—0,8	—
Откатные посты (стенды)	0,4—0,5	—	0,5—0,6	—
Автоматы для спекания штабиков (вольфрама, молибдена, тантала и т. п.)	0,4	—	0,4—0,6	—
Сварочные автоматы	0,1—0,2	—	0,1—0,3	—
Высокочастотный генератор	0,3—0,5	—	0,5—0,6	—
Вакуум-пропиточные установки	0,4	—	0,5—0,6	—
<i>Оборудование испытательных станций</i>				
Двигатель-генератор сетевой мощностью до 25 кВт	0,6—0,7	—	0,7	—
То же от 25 до 100 кВт	0,5—0,65	—	0,6	—
То же свыше 100 кВт	0,25—0,3	—	0,4	—
Двигатель-генератор для индивидуального питания стендов до 25 кВт	0,3—0,5	—	0,4—0,6	—
То же от 25 до 100 кВт	0,25—0,3	—	0,3—0,45	—
То же свыше 100 кВт	0,25—0,2	—	0,2—0,25	—
Индукционные регуляторы сетевые	0,5—0,6	—	0,6	—
То же индивидуальные	0,2	—	0,25	—
Выпрямители полупроводниковые	0,4	—	0,5	—
То же ртутные	—	—	0,5	—
Автотрансформаторы индивидуальные	0,2	—	0,3	—
То же сетевые	0,6	—	0,7	—
Трансформаторы индивидуальные	0,15	—	0,2—0,3	—
То же сетевые	0,6	—	0,7	—
Тренировочные стенды	0,6	—	0,7—0,8	—
Установка для испытания на пробой	0,1	—	0,1—0,2	—
Лабораторное оборудование	0,25	—	0,3—0,5	—
Испытательные стенды для бытового электрооборудования	—	—	0,2—0,35	—
То же для полупроводниковых вентилялей	—	—	0,7—0,9	—
Испытательные стенды для крупных изделий	—	—	0,3—0,4	—
Вибростенды	—	—	0,3—0,35	—
Камеры испытательные	—	—	0,2	—
Камеры климатических испытаний	—	—	0,3—0,4	—
То же полупроводникового производства	—	—	0,7—0,8	—
<i>Металлорежущие станки<sup>1</sup></i>				
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы: мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные и т. п.	0,14	—	0,16	—
То же при крупносерийном производстве с нормальным режимом работы	0,17	—	0,2	—

Продолжение табл. 24-3

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с особо тяжелым режимом работы, а также приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков и др.	0,2—0,24	—	0,35—0,4	—
<i>Сварочное оборудование</i> <sup>1</sup>				
Сварочные трансформаторы для ручной дуговой электросварки	0,35	—	0,4	—
Сварочные трансформаторы автоматической сварки	0,5	—	0,6	—
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	—	0,35	—
Сварочные машины (нагреватели заклепок)	0,35	—	0,4	—
<i>Электрические печи</i> <sup>1</sup>				
Печи сопротивления с непрерывной загрузкой, конвейерные и толкательные	—	—	0,85	—
Печи сопротивления с периодической загрузкой	—	—	0,7	—
Нагревательные аппараты	—	—	0,7	—
Сушильные шкафы	—	—	0,85	—
Дуговые плавильные печи	—	—	0,9	—
Сушильные камеры периодического действия	—	—	0,65	—
Стекольные печи для плавки кварцевого стекла	—	—	0,85	—
Высокочастотные печи для вытяжки кварцевых трубок	—	—	0,8—0,9	—
<i>Механизмы непрерывного транспорта</i>				
Питатели пластинчатые, барабанные, дисковые и т. п.	0,3—0,4	—	0,6	—
Конвейеры легкие мощностью до 10 кВт	0,4—0,5	—	0,6	—
То же мощностью свыше 10 кВт	0,55—0,75	—	0,6—0,8	—
Транспортеры ленточные	0,5—0,6	—	0,6—0,8	—
Транспортеры винтовые	0,65	—	0,7	—
Элеваторы ковшовые, вертикальные и наклонные, шнеки, конвейеры и т. п. несблокированные	0,4	—	0,5	—
То же заблокированные	0,55	—	0,65	—
<i>Механизмы дробления и измельчения</i>				
Дробилки щековые и конусные для крупного дробления	0,4	—	0,5	—
То же для среднего дробления	0,6—0,7	—	0,7—0,8	—
Дробилки конусные для мелкого дробления, валковые и молотковые мощностью до 100 кВт	0,75—0,8	—	0,85	—
То же мощностью свыше 100 кВт	0,75—0,85	—	0,9	—
Грохоты	0,5—0,6	—	0,6—0,7	—
Мельницы шаровые	0,75—0,9	—	0,85	—
<i>Краны, тельферы, подъемники</i> <sup>1</sup>				
Грейферные краны	0,35	—	0,4	—
Магнитные краны	0,5	—	0,55	—
Штабелеры	0,16	—	0,35	—
Скиповый подъемник	0,05	—	0,1	—
Электротележки	0,1	—	0,2	—
<i>Вентиляторы, насосы, компрессоры</i>				
Вентиляторы санитарно-гигиенической вентиляции	0,6—0,65	—	0,65—0,7	—
Вентиляторы производственные	0,7—0,85	—	0,75—0,9	—
Вентиляторы к стекольным печам	—	—	0,8—0,9	—
Вентиляторы к дробилкам	0,4—0,45	—	0,5	—
Насосы водяные	0,7—0,8	—	0,75—0,9	—
Насосы песковые	0,8—0,9	—	0,85—0,9	—
Вакуум-насосы	0,9	—	0,95	—
Насосы автоматизированных артскважин	0,65	—	0,7	—
Дымососы	0,9	—	0,95	—
Газодувки	0,8	—	0,95	—
Воздуходувки	0,5—0,7	—	0,75	—
Компрессоры	0,65	—	0,8	—

<sup>1</sup> Показатели электрических нагрузок прочих приемников данных групп приемников электротехнической промышленности аналогичны показате-

лям соответствующих приемников машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности.

## 24-4. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-4

## Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{и}$	мощности $\cos \phi$	спроса $K_c$	включения $K_{в}$
<i>Производства искусственного и синтетического волокна</i>				
По цеху в целом				
<i>Капроновое производство</i>				
Химический цех	0,5	0,8	0,6	1
Прядильный цех	0,6	0,75	0,65	1
Крутильный цех	0,65	0,75	0,7	1
Отделочный цех	0,6	0,75	0,7	1
Бобинажно-перемоточный цех	0,7	0,75	0,8	1
Цех регенерации отходов	0,55	0,7	0,65	1
<i>Кордное производство</i>				
Химический цех	0,5	0,7	0,55	1
Прядильный цех	0,65	0,8	0,7	1
Крутильный цех	0,6	0,8	0,7	1
Ткацкий цех	0,8	0,75	0,85	1
<i>Производство центрифугального шелка</i>				
Химический цех	0,5	0,7	0,55	1
Прядильный цех	0,6	0,75	0,65	1
Отделочный цех	0,6	0,75	0,65	1
Бобинажно-перемоточный цех	0,75	0,7	0,8	1
<i>Штапельное производство</i>				
Химический цех	0,55	0,7	0,6	1
Прядильно-отделочный цех	0,6	0,8	0,8	1
<i>Производство ацетатного шелка</i>				
Химический цех	0,8	0,65	0,9	1
Прядильный цех	0,8	0,7	0,85	1
Крутильный цех	0,65	0,65	0,7	1
Цех регенерации ацетона	0,8	0,8	0,9	1
Водонасосная	0,65	0,8	0,75	1
По группам однотипных приемников				
Прядильные машины штапеля	0,38	0,7	—	1
Прядильные машины капрона	0,65	0,7	—	1
Прядильные машины вискозного корда	0,5	0,7	—	1
Прядильные машины центрифугального шелка (главный привод)	0,52	0,7	—	1
Прядильные машины центрифугального шелка (электроверетена)	0,62	0,7	—	1
Прядильные машины ацетатного шелка	0,7	0,7	—	1
Мешалки растворителей	0,55	0,8	—	0,6
Фильтр-прессы	0,35	0,55	—	1
Крутильные машины ацетатного шелка	0,6	0,7	—	1
Перемоточные машины	0,78	0,7	—	1
Тростильно-крутильные машины	0,89	0,8	—	1
Крутильные машины	0,64	0,8	—	1
Вытяжные машины	0,7	0,85	—	1
Ткацкие станки	0,74	0,7	—	1
Динильные котлы	0,58	1	—	1
Периодпреобразователи	0,75	0,9	0,8	1
		(емкость)		
Компрессоры	0,78	0,8	—	1
Водонасосные	0,83	0,8	—	1
Вентиляторы сантехнические	0,64	0,75	—	1
<i>Производство полиэтилена низкого давления высокой плотности</i>				
По цеху в целом				
Цех очистки этилена	0,85	0,9	0,9	1,0
Цех полимеризации	0,5	0,75	0,55	1,0
Цех дистилляции и очистки азота	0,65	0,8	0,75	1,0
Цех грануляции	0,65	0,8	0,75	1,0
Цех катализации	0,8	0,65	0,85	1,0
Цех легковоспламеняющихся жидкостей	0,7	0,75	0,9	1,0

Продолжение табл. 24-4

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
По группам однотипных приемников				
Компрессоры этилена	0,85	0,9	—	1,0
Цех полимеризации:				
технологические линии	0,6	0,75	—	1,0
эльма-насосы	0,5	0,8	—	1,0
центрифуги	0,4	0,6	—	1,0
сушилка	0,5	0,5	—	1,0
Цех грануляции:				
грануляторы	0,8	0,8	—	1,0
газодувки	0,45	0,7	—	1,0
Компрессоры цеха дистилляции и очистки азота	0,43	0,7	—	1,0
<i>Производство аммиака и метанола</i>				
По цеху в целом				
Цех разделения воздуха	0,73	0,95	0,87	1,0
Газовый цех (на природном газе)	0,81	0,8	0,87	1,0
Газовый цех (на газогенераторном газе)	0,56	0,8	0,65	1,0
Цех холодильных установок	0,69	0,9	0,79	1,0
Цех компрессии	0,83	0,9	0,87	1,0
Цех моноэтаноламинной очистки	0,66	0,8	0,74	1,0
Цех синтеза аммиака	0,82	0,85	0,87	1,0
Цех водной очистки	0,85	0,8	0,89	1,0
Цех медно-аммиачной очистки	0,73	0,85	0,8	1,0
Цех синтеза метанола	0,71	0,7	0,81	1,0
Цех сероочистки	0,76	0,64	0,8	1,0
Цех конверсии окиси углерода	0,7	0,8	0,77	1,0
Цех ректификации метанола	0,45	0,72	0,5	1,0
По группам однотипных приемников				
Компрессоры воздушные	0,67	0,98	—	1,0
Газодувки газогенераторного цеха	0,57	0,85	—	1,0
Компрессоры газовые	0,85	0,99	—	1,0
Триплекс-насосы	0,4	0,75	—	1,0
Двигатель-турбины (мототурбонасосы)	0,81	0,85	—	1,0
Экспансионные машины	0,8	0,85	—	1,0
Циркуляционные компрессоры синтеза	0,74	0,78	—	1,0
Нагреватели кислородно-воздушной смеси (КВС)	0,82	0,86	—	1,0
Компрессоры аммиачные	0,7	0,98	—	1,0
Кислорододувки	0,6	0,78	—	1,0
<i>Производство слабой азотной кислоты</i>				
По цеху в целом				
Цех слабой азотной кислоты при повышенном давлении	0,8	0,95	0,86	1,0
То же при нормальном давлении	0,73	0,91	0,78	1,0
По группам однотипных приемников				
Турбогазодувки	0,73	0,9	—	1,0
Турбокомпрессоры газовые	0,8	0,95	—	1,0
<i>Производства органической химии</i>				
По производству в целом				
Этиловое производство	—	—	0,5—0,7	—
Производство жирных спиртов	—	—	0,55	—
Производство капролактама	—	0,8	0,6—0,8	—
Производство фенол-ацетона	—	0,7—0,75	0,6—0,8	—
Производство оргстекла	—	0,7—0,8	0,5—0,8	—
Производства этилена, пропилена, полипропилена	—	0,7—0,8	0,4—0,7	—
Производство смолы	—	0,8	0,65	—
По группам однотипных приемников				
Холодильные установки	—	—	0,6	—
Насосы грунтового водоснабжения	—	0,7	0,7	—
Компрессоры, насосы, вентиляторы, мешалки, центрифуги (приводы с непрерывным технологическим потоком)	0,5	0,86	0,5	—
<i>Производство синтетического спирта</i>				



Продолжение табл. 24-4

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_c$	включения $K_B$
По производству (цеху) в целом				
Очистка газа от сероводорода	—	—	0,68	—
Пиролиз и компримирование газа	—	—	0,88	—
Разделение пирогаза на фракции	—	—	0,74	—
Концентрирование этилена	—	—	0,72	—
Получение спирта	—	—	1,0	—
Пароводопех	—	—	0,95	—
<i>Производство шин</i>				
По цеху в целом				
Подготовительный цех, высоковольтное оборудование	0,55	0,85—0,9 (емкость)	0,7	1
То же низковольтное оборудование	0,55	0,65	0,65	1
Сборочный цех, низковольтное оборудование	0,4	0,65	0,5	1
Цех каландров, высоковольтное оборудование	0,56	0,85—0,9 (емкость)	0,65	1
То же низковольтное оборудование	0,4	0,65	0,45	1
Автокамерный цех, высоковольтное оборудование	0,7	0,85—0,9 (емкость)	0,8	1
То же низковольтное оборудование	0,33	0,75	0,4	1
Цех вулканизации, низковольтное оборудование	0,3	0,55	0,55	1
По группам однотипных приемников				
Резиносмесители, работающие на приготовлении резиновой смеси	0,5	0,85—0,9 (емкость)	—	1
Резиносмесители, работающие на вулканизацию каучука	0,54	0,85—0,9 (емкость)	—	1
Вальцы под резиносмесителями	0,65	0,85—0,9 (емкость)	—	1
Подогревательные вальцы	0,56	0,85—0,9 (емкость)	—	—
Пелетайзеры	0,36	0,85—0,9 (емкость)	—	1
Шприц-машины протекторных агрегатов	0,7	0,8	—	1
Шприц-машины автокамерных агрегатов	0,53	0,7	—	1
Каландры обкладочные (обрезинивание корда)	0,68	0,8	—	1
Сборочные станки	0,44	0,6	—	—
Вулканизаторы шин	0,05	0,4	—	0,1
Вулканизаторы автокамер и ободных лент	0,16	0,5	—	0,2
Компрессоры (синхронные двигатели)	0,93	0,85—0,9 (емкость)	—	1
Водонасосные (водоснабжение)	0,89	0,8	—	1
Насосы циркуляционной и перегретой воды	0,43	0,7	—	1
Насосы воды низкого давления	0,87	0,8	—	1
Насосы воды высокого давления	0,55	0,8	—	1
Вентиляторы сантехнические	0,69	0,75	—	1
Транспортные системы	0,25	0,45	—	1
<i>Производство резинотехнических изделий</i>				
По цеху в целом				
Цех транспортных лент и приводных ремней, высоковольтные двигатели	0,53	0,8	0,67	1,0
То же низковольтные двигатели	0,3	0,7	0,4	—
Цех формовой техники без учёта электропрессов	0,36	0,63	0,39	—
То же с учётом электропрессов	0,58	0,8	0,67	—
Подготовительный цех	0,43	—	0,58	—
Цех спецшлангов, включая цех бездорновых рукавов	0,37	0,57	0,41	—
Цех спиральных и буровых рукавов	0,29	0,6	0,3	—
Цех напорных рукавов	0,27	0,62	0,32	—
Цех клиновидных ремней	0,36	0,63	0,39	—
По группам однотипных приемников				
Агрегаты для изготовления особо прочных транспортных лент	0,11*	—	0,14*	—
Каландры для изготовления сердечников транспортных лент	0,48*	0,69*	0,53*	—
Каландры для обкладки транспортных лент	0,28*	0,51*	0,44*	—
Подогревательные вальцы производства транспортных лент	0,47	0,8	0,56	—
Шприц-машины производства формовой техники	0,37*	0,47*	0,45*	—

Продолжение табл. 24-4

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Прессы с электрообогревом производства формовой техники при работе	0,78	—	0,86	—
То же при разогреве	—	1,0	1,0	—
Подогревательные вальцы производства формовой техники	0,43	0,53	0,68	—
Резиносмесители подогревательного цеха	0,5	0,8	0,75	—
Смесительные вальцы 34" подготовительного цеха	0,54	0,8	0,72	—
Шприц-машины камер 12—38 мм	0,4*	0,67*	0,5*	—
Агрегаты для наложения наружного слоя на ружва диаметром 19—38 мм	0,28*	0,74*	0,4*	—
Каландры подготовительного цеха, обкладка	0,54	0,69	0,66	—
Каландры подготовительного цеха, листование	0,36	0,52	0,53	—

\* Приближенные данные.

## 24-5. ЛЕСНАЯ, ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-5

Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Лесная и деревообрабатывающая промышленность				
<i>Подготовка древесины, производство пиломатериалов и деревообработка</i>				
По группам однотипных приемников				
Электропилы (валка деревьев, раскряжэвка хлыстов на верхних и нижних складах)	0,3—0,4	0,55—0,74	0,7—0,8	—
Трелевочные лебедки с циклическим движением троса	0,2—0,25	0,5—0,6	0,4—0,5	—
Трелевочные лебедки с бесконечным движением троса	0,23—0,3	0,55—0,6	0,45—0,52	—
Лебедки на штабелевке и погрузке на верхних и нижних складах	0,15—0,2	0,5—0,58	0,4—0,5	—
Бревнотаски на бирже	0,4—0,5	0,7	0,4—0,6	—
Бревновалы	0,1—0,11	0,5—0,55	0,15—0,2	—
Бревнотаски амбарные, лебедки на складах	0,2—0,3	0,5	—	—
Бревнотаски береговые и цепные, транспортеры, шнеки, конвейеры:				
сблокированные	0,4—0,55	0,75	—	—
несблокированные	0,3—0,4	0,75	—	—
Механизмы для непрерывного перемещения крупных бревен (сортировочные и подающие транспортеры)	0,25—0,3	0,57—0,75	0,35—0,43	—
Механизмы для непрерывного перемещения мелких грузов	0,3—0,35	0,6—0,75	0,4—0,48	—
Электрические краны на штабелевке древесины	0,1—0,15	0,5—0,53	0,2—0,27	—
Лесопильные рамы	0,4—0,5	0,6—0,7	0,65—0,85	—
Лесопильные рамы с околорамной механизацией	0,5—0,6	0,75—0,8	0,7—0,8	—
Круглопильные станки для поперечного распиливания	0,22—0,25	0,57—0,6	0,38—0,49	—
Круглопильные станки для продольного распиливания	0,2—0,25	0,55—0,62	0,42—0,53	—
Окорочные станки	0,2—0,23	0,55—0,6	0,3—0,35	—
Кодуны	0,1—0,14	0,5—0,52	0,23—0,27	—
Дробилки	0,3—0,35	0,54—0,62	0,55—0,6	—
Грохоты	0,6	0,7	—	—
Тарно-делительные, тарно-брусующие, упрощенные круглопильные станки	0,25—0,3	0,6—0,7	0,6—0,8	—
Обрезные станки	0,2—0,25	0,55—0,65	0,5—0,55	—
Подольно-торцовые станки и станки для изготовления драпки	0,11—0,14	0,5—0,54	0,2—0,27	—
Ленточные ребровые станки	0,45—0,5	0,65—0,7	—	—

Продолжение табл. 24-5

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использо- вания $K_H$	мощности cos $\varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Круглопильные станки с механической подачей (обрезные, ребровые, длиннореечные, делительные)	0,4—0,5	0,65—0,7	—	—
Круглопильные станки с ручной подачей (балансирные, торцовые, маятниковые)	0,35	0,55	—	—
Строгальные станки	0,6	0,6	—	—
Фуговальные и рейсмусовые станки	0,45	0,6	—	—
Фрезерные, шипорезные, сверлильные, долбежные, токарные по дереву	0,2	0,7	—	—
То же поточные линии	0,25	0,7	—	—
Шлифовальные станки	0,45	0,6	—	—
Автоматические линии деревообработки	0,5	0,65	0,5—0,6	—
Станки ремонтно-механических мастерских	0,15—0,2	0,55—0,7	0,25—0,35	—
Прессы	0,5—0,6	0,8	0,6—0,7	—
Транспортеры скребковые и ленточные	0,5	0,7	0,55—0,6	—
Питатели пластинчатые, тарельчатые, барабанные	0,4	0,6	0,5	—
Рольганги, элеваторы	0,25—0,35	0,65—0,7	0,4	—
Краны, тельферы, тележки цеховые	0,1	0,5	0,2	—
Сепараторы	0,4	0,65	—	—
Сушильные барабаны	0,6	0,7	—	—
Электрические печи сопротивления	0,8	0,95	0,9	—
Переносный электроинструмент	0,06—0,1	0,5	0,1—0,12	—
Машин УПФМ	0,45	0,7	—	—
Насосы, компрессоры	0,7	0,85	0,75	—
Вентиляторы эксгаустеров и сушильных камер	0,7	0,8	0,75	—
Вентиляторы сантехнические	0,65	0,8	0,7	—

## По цеху (отделению) производству в целом

Лесобиржи	—	0,75	0,6	—
Лесозаводы крупные	—	0,7	0,5	—
Лесопильный цех	0,45—0,55	0,75	—	—
Сортировочная площадка	0,4	0,65	—	—
Разгрузочно-сортировочное отделение сушильного цеха	0,25	0,5	—	—
Блок сушильных камер	0,5—0,65	0,7	—	—
Окорочно-рубительная станция	0,4	0,65	—	—
Калибровочное отделение	0,4	0,65	—	—
Строгальное отделение	0,4	0,65	—	—
Энергохимическая установка	0,6	0,7	—	—
Установка антисептирования	0,3	0,65	—	—
Рейд	0,3	0,65	—	—
Бассейны с водной сортировкой	0,3	0,65	—	—
Склад пиломатериала (сырья), оборудованный:				
лебедками	0,3	0,5	—	—
кранами	0,2	0,5	—	—
Склад пиломатериалов, оборудованный кранами	0,2—0,3	0,5	—	—
Производство древесноволокнистых плит (ДВП)				

## По цеху, отделению в целом

Отделение приготовления щепы (рубильно-сортировочное)	0,32*	0,6	0,47	0,85
Размольное отделение:				
высоковольтное оборудование	0,73	0,76	0,81	1
низковольтное оборудование	0,56	0,82	0,65	1
Проклейное и отливочное отделения	0,61	0,7	0,7	1
Прессовое и моечное отделения	0,36	0,74	0,45	—
Отделение заковки	0,52	0,7	0,55	1
Отделение раскря и увлажнения	0,42	0,64	0,46	—
Отделение маслопропитки	0,14	0,5	0,23	—
Цех ДВП в целом	0,54	0,73	0,66	—

По группам однотипных приемников<sup>1</sup>

Отделение приготовления щепы				
Рубительная машина	0,17—0,32	0,47—0,6	0,41—0,44	0,5—1,0
Дезинтегратор	0,12	0,3	0,132	0,85
Транспортеры щепы	0,25—0,59	0,4—0,7	0,38—0,62	0,85—1,0
Пневмотранспорт щепы	0,84	0,85	0,88	1,0
Механизмы сортировки щепы	0,22—0,27	0,5	0,31—0,37	0,85—1,0

Продолжение табл. 24-5

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
<i>Размольное отделение</i>				
Рафинатор	0,44—0,85	0,83	0,6—0,99	1,0
Дефибратор	0,65	0,71	0,76	1,0
Вспомогательное (низковольтное) оборудо- вание дефибратора	0,6	0,78	0,71	1,0
Дефибратор со вспомогательным оборудо- ванием	0,63	0,75	0,75	1,0
Мешалки бассейнов и насосы массы	0,43	0,78	0,56	1,0
<i>Проклейное и отливочное отделения</i>				
Механизмы проклейки	0,16—0,78	0,65—0,67	0,21—0,97	1,0
Отливочная машина	0,64—0,95	0,8—0,9	0,68—1,0	1,0
Насосы брака и оборотной воды	0,36	0,82	0,52	1,0
Вспомогательные механизмы	0,38	0,65	0,4	1,0
Вентиляция	0,38	0,7	0,38	1,0
<i>Прессовое и моечное отделения</i>				
Насосы высокого и низкого давления	0,17—0,29	0,67—0,85	0,19—0,37	—
Насосы теплового аккумулятора	0,89	0,86	0,98	1,0
Транспортеры	0,26	0,58	0,54	0,75
Вентиляция	0,14	0,58	0,14	1,0
<i>Отделение заделки</i>				
Вентиляторы закалочных камер	0,3	0,83	0,49	—
Транспортные механизмы (тележки, роль- ганги и т. п.)	0,1	0,3	0,13	—
Вентиляция	0,5	0,5	0,5	—
<i>Отделение раскраса и увлажнения</i>				
Технологические механизмы	0,54	0,65	0,63	1,0
Вентиляция	0,36	0,6	0,36	1,0
<i>Производство столярных и строительных изделий</i>				
По цеху, отделению в целом				
Цех оконных блоков	0,33	0,66	0,43	0,85
Цех щитовых дверей	0,5	0,95**	0,58	0,85
Маллярный цех	0,5	0,55***	0,67	1,0
Сушильное отделение	0,37	0,7	0,5	1,0
Цех погонажа	0,59	0,61	0,8	1,0
Отделение заточки инструмента	0,35	0,5	0,4	—
Лакокрасочное отделение цеха щитовых дверей	0,73	0,8	0,8	1,0
По группам однотипных приемников				
<i>Цех оконных блоков</i>				
Четырехсторонние строгальные станки	0,16	0,53	0,22	0,5
Двусторонние шипорезы	0,12	0,36	0,16	0,66
Шлифовальные машины	0,22	0,37	0,3	0,74
Линии по продольной и поперечной обра- ботке створок	0,31	0,44	0,59	0,74
Станочное оборудование отделения раскраса в целом	0,11	0,42	0,19	—
Станочное оборудование машинозаготови- тельного и сборочного отделений в целом	0,1	0,57	0,12	—
Технологическая вентиляция	0,54—0,57	0,71—0,76	0,54—0,64	1,0
Сантехническая вентиляция	0,75	0,8	0,8	1,0

Продолжение табл. 24-5

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{\text{И}}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{\text{С}}$	включения $K_{\text{В}}$
<i>Цех погоняжа</i>				
Станочное оборудование в целом	0,61	0,59	0,87	—
Технологическая вентиляция	0,52	0,76	0,57	1,0
<i>Производство древесной муки</i>				
По цеху, отделению в целом				
Подготовительное отделение	0,73	0,75	0,92	0,9
Размольное отделение	0,78	0,8	0,87	1
Рассевное отделение	0,44	0,46	0,48	1
Фильтровальное отделение	0,64	0,7	0,7	1
Выбойное отделение	0,5	0,5	0,7	1
Цех древесной муки в целом	0,65	0,75	0,78	—
<i>Общезаводские установки и вспомога- тельные цехи и объекты</i>				
По цеху, установке в целом				
Насосная станция	0,65	0,8	—	—
Компрессорная	0,6	0,8	—	—
Зарядная станция	0,8	0,8	—	—
Котельная	0,65	0,8	0,7	—
Ремонтно-механический цех	0,35	0,65	—	—
Гаражи	0,3	0,65	—	—
Склады материальные	0,2—0,3	0,5	—	—
<i>Целлюлозно-бумажная промышленность<sup>2</sup></i>				
<i>Объекты вспомогательных производств цел- люлозно-бумажной промышленности</i>				
По цеху (производству) в целом и по группам однотипных приемников				
Окорочный узел:				
выгрузочное устройство	—	—	0,4	—
короотжимное устройство	—	—	0,6	—
Распиловочно-окорочный цех	—	—	0,6	—
Древесноподготовительный цех:				
технологическое оборудование напряже- нием до 1 000 В	—	—	0,8	—
то же напряжением выше 1 000 В	—	—	0,8	—
Склад щепы и древесных отходов	—	—	0,6	—
Открытый склад коры	—	—	0,3	—
Приемное устройство для привозной щепы	—	—	0,6	—
Тракт подачи балансов от древесно-подго- товительного цеха к древесномассному за- воду	—	—	0,6	—
Биржа балансов кучевого хранения	—	—	0,5	—
Варочный цех, надбункерная галерея	—	—	0,4	—
Шлифовальный цех:				
станочное оборудование	—	—	0,3	—
кран мостовой электрический	—	—	0,2	—
Склад тарных химикатов (крановое обору- дование, лифты грузовые)	—	—	0,2	—
Склад жидкого хлора с испарительной станцией	—	—	0,7	—
Склад сульфата	—	—	0,6	—
Склад жидкого каустика	—	—	0,8	—
Склад известкового камня, дробильная установка и подача известкового камня	—	—	0,5	—

Продолжение табл. 24-5

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{II}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_c$	включения $K_B$
Кислотный цех со складом серы	—	—	0,6	—
Склад масел и горючего	—	—	0,75	—
Станция умягчения воды	—	—	0,8	—
Варочный, очистной и промывной цехи:				
краны и подъемники	—	—	0,2	—
Отбельный цех: краны	—	—	0,2	—
Цех каустизации и регенерации извести:				
транспортные устройства	—	—	0,6	—
Зал картоно- и бумаго сушильной машины:				
полупортальный кран	—	—	0,2	—
транспортное оборудование	—	—	0,2	—
Гидролизно-дрожжевой завод	—	—	0,65	—
Гидролизно-фурфурольное производство:				
производство фурфуrolа	—	—	3,7	—
дрожжевая установка	—	—	0,6	—
сушка дрожжей	—	—	0,7	—
Склад фурфуrolа и скипидара	—	—	0,6	—
Складское хозяйство и прочие мелкие вспомо- гательные объекты	—	—	0,5	—
Столовая на бирже (заготовочная на 200 поса- дочных мест)	—	—	0,68	—
Объекты предзаводской зоны:				
заводоуправление	—	—	0,8	—
столовая заготовочная на 250 посадоч- ных мест	—	—	0,5	—
пожарное депо	—	—	0,8	—
<i>Вентиляционные установки объектов основ- ного и вспомогательных производств целлю- лозно-бумажной промышленности</i>				

## По группам однотипных приемников

Окорочный, древесно-подготовительный це- хи, древесномассный завод	—	—	0,7	—
Варочный, промывной, очистной и отбель- ный цехи производства целлюлозы	—	—	0,7	—
Бумаго-картонный сушильный блок:				
картоно- и бумагоделательные машины, сушильная машина	—	—	0,65	—
Картонная фабрика	—	—	0,7	—
Шлифовальный цех	—	—	0,7	—
Цехи каустизации и регенерации извести	—	—	0,7	—
Цех приготовления покровной массы	—	—	0,75	—
Цех белильных растворов	—	—	0,7	—
Выпарной цех	—	—	0,7	—
Цех разводки химикатов и скребковых ло- вушек	—	—	0,7	—
Склады химикатов	—	—	0,8	—

<sup>1</sup> По результатам обследования цехов некото-  
рых деревообрабатывающих и домостроительных  
комбинатов.

<sup>2</sup> Определение расчетных нагрузок основных  
производств выполняется по удельным расходам  
электроэнергии и объемам выпускаемой продукции.

\* Рекомендуется для отделений без пнев-  
мотранспорта.

\*\* С учетом нагревательных элементов в ла-  
кокрасочном отделении.

\*\*\* Без учета термоэлектронагревателей.

## 24.6. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬСТВО

Таблица 24-6

## Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Производство цемента по мокрому способу				

По цеху, отделению в целом  
и по группам однотипных приемников

<i>Сырьевой цех</i>	0,6	0,8	0,7	1,0
Сырьевые мельницы (главный привод)	0,72	0,85	—	1,0
Низковольтное оборудование сырьевого цеха	0,56	0,75	—	—
Шлам-насосы	0,56	0,75	—	1,0
Болтушки	0,62	0,8	—	1,0
Дробилки	0,54	0,8	—	1,0
Крановые мешалки шлама	0,38	0,5	—	—
Экскаваторы	0,4	0,7	—	—
Транспортеры сырья	0,5	0,75	—	1,0
Карьер в целом	0,65	0,75	0,78	—
<i>Цех обжига</i>	0,75	0,75	0,8	1,0
Вращающиеся печи без холодильников	0,7	0,8	0,8	1,0
То же с холодильниками	0,6	0,7	0,75	1,0
Главные приводы печей	0,7	0,8	—	1,0
Дымососы печей	0,7	0,8	—	1,0
Механизмы пылеуборки	0,46	0,65	—	1,0
Вентиляторы технологические	0,57	0,75	—	1,0
Транспортеры клинкера	0,45	0,7	—	1,0
Холодильники	0,53	0,75	—	1,0
Электрофильтры	0,6	0,85	0,72	1,0
<i>Цех сухого помола</i>	0,8	0,85	0,9	1,0
Цементные мельницы в целом	0,8	0,85	0,85	1,0
Главный привод цементных мельниц	0,85	0,85—0,9 (емкость)	—	1,0
Низковольтное оборудование цементных мельниц	0,48	0,75	—	—
Упаковочная	0,4	0,7	—	—
Грейферные краны	0,5	0,6	—	—
Пневмовинтовые насосы (фулер-насосы)	0,48	0,75	—	1,0
Сушильное отделение	0,6	0,75	—	1,0
Питатели и дозаторы	0,6	0,78	—	—
Угольные мельницы	0,7	0,83	—	1,0
Электрокалориферы	0,6	0,88	—	1,0
<i>Общезаводские нагрузки</i>				
Компрессоры	0,75	0,85	—	1,0
Водонасосы	0,8	0,8	—	1,0
Вентиляторы сантехнические	0,64	0,75	—	1,0
Цементные заводы в целом	—	опережающий	0,7—0,8	—
Цементные установки	—	0,7	0,7	—
Цементационные работы	—	0,7	0,7	—
<i>Производство различных строительных материалов</i>				

## По заводам, мастерским и т. п. в целом

Заводы железобетонных изделий средней производительности	—	0,73	0,5	—
То же производительностью 40 тыс. м <sup>3</sup> /год	—	0,73	0,45	—
То же из легкого керамзита производительностью 120 тыс. м <sup>3</sup> /год	—	0,73	0,46	—
Бетонные заводы автоматизированные непрерывного действия	—	0,75	0,7	—
Бетонные хозяйства	—	0,7	0,65—0,75	—
Заводы ячеистых бетонов	—	0,8	0,55	—
Заводы керамзита	—	0,75	0,6	—
Заводы извести (дробление, обжиг, хранение)	—	0,75	0,7	—
Заводы гипсовые (размол, транспортировка, обезвоживание, помол, сушка, складирование)	—	0,8	0,7	—

Продолжение табл. 24-6

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Камнедробильные заводы производительностью:				
250—400 тыс. м <sup>3</sup> /год	—	0,7	0,68	—
800 тыс. м <sup>3</sup> /год	—	0,7	0,65	—
Карьеры камня, гравия, песка	—	0,7	0,65	—
Грависортировочные установки	—	0,7	0,7—0,75	—
Буродолотозаправочные, перфораторные	—	0,6	0,5	—
Арматурный завод производительностью в сутки:				
50 т и менее	—	0,6	0,4	—
100 т и более	—	0,65	0,3	—
Арматурные мастерские и дворы	—	0,5	0,45	—
<i>Строительная промышленность</i>				
По отдельным предприятиям и видам работ в целом				
Базы гидроспецстроя, гидромонтажа и спецгидромонтажа	—	0,7	0,5	—
Базы электромонтажа	—	0,7	0,6	—
Замораживающие установки для котлованов	—	0,8—1,0	0,8	—
Автобазы:				
на 10—50 машин	—	0,7	0,7	—
на 50—250 машин	—	0,7	0,6	—
Тепловая стоянка автомашин, тракторов	—	0,9	0,8	—
Тепловые пункты	—	0,7	0,8	—
Профилактории (на 6—10 машин)	—	0,7	0,85	—
Электровозное депо	—	0,7	0,5	—
Железнодорожное хозяйство	—	0,7	0,8	—
Дорожный участок	—	0,7	0,5	—
Механические мастерские:				
до 5 приемников	—	0,5	0,4	—
до 10 приемников	—	0,5	0,3	—
свыше 10 приемников	—	0,5	0,2	—
Сантехнические мастерские с годовой производительностью:				
500 тыс. руб.	—	0,5	0,35	—
250 тыс. руб.	—	0,5	0,4	—
Опалубочные мастерские	—	0,7	0,7	—
Плотничные мастерские	—	0,7	0,6	—
Стройдворы	—	0,7	0,7	—
Кислородные станции производительностью 5—9 м <sup>3</sup> /ч	—	0,8	0,7—0,76	—
Котельные отопительные:				
крупные	—	0,75	0,7	—
мелкие	—	0,7	0,5	—
Котельные для бетонных хозяйств	—	0,7	0,65	—
Компрессорные станции на:				
один-два компрессора	—	0,8	0,75—0,8	—
три-четыре компрессора	—	0,8	0,72	—
пять и более компрессоров	—	0,8	0,7	—
Насосные станции передвижные, стационарные (один-два насоса)	—	0,8	0,8	—
То же для поверхностного водоотлива (до трех насосов)	—	0,8—0,85	0,8—0,85	—
То же иглофильтровых установок	—	0,75	0,8	—
Насосные станции 1-го и выше подъемов (до трех насосов)	—	0,8—0,85	0,78—0,85	—
Насосно-фильтровальная станция	—	0,75	0,7	—
Склады взрывчатых веществ	—	1,0	0,9	—
Склады различные	—	0,9	0,9	—
<i>Производство строительных материалов и строительная промышленность</i>				
По группам однотипных приемников				
Артскважины автоматизированные	—	0,7	0,7	—
Бетономешалки, растворомешалки отдельно стоящие (3—5 шт.)	—	0,7	0,5—0,6	—
Бетоноукладчики	0,15	0,6	0,2—0,3	—



Продолжение табл. 24-6

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_H$	мощности $\cos \phi$	спроса $K_C$	включения $K_B$
Бункера приема карьерной смеси, перегрузочные узлы, погрузочные бункера без резервной линии	—	0,72	0,7	—
Буровые станки для ударного бурения и буровой инструмент (2—10 шт.)	—	0,6	0,4—0,6	—
Водоопонизительные установки (глубинный водоотлив) — насосы	—	0,7	0,5—0,6	—
Воздуходувки	—	0,8	0,75	—
Вибраторы переносные и другие мелкие передвижные механизмы	—	0,5	0,25	—
Автоматические станки для правки и резки проволоки	0,15	0,6	0,2—0,4	—
Формовочные машины	0,15	0,6	0,2—0,25	—
Дробилки молотковые	—	0,7	0,6	—
Дробилки конусные	—	0,75	0,7	—
Грохоты	—	0,7	0,6	—
Конвейеры	0,15	0,5	0,17—0,2	—
Рольганги	0,1	0,5	0,1	—
Транспортеры винтовые	—	0,75	0,7	—
Транспортеры ленточные стационарные и передвижные (до 5 шт.)	—	0,72	0,6—0,7	—
Элеваторы ковшовые вертикальные и наклонные, шнеки несблокированные	—	0,75	0,5	—
То же заблокированные	—	0,75	0,65	—
Канатные дороги	—	0,75	0,7	—
Краны электрические строительные:				
стреловые, козловые, башенные, порталные:				
1—2 шт.	—	0,5	0,35—0,4	—
3—4 шт.	—	0,5	0,3	—
5—9 шт.	—	0,5	0,22—0,25	—
Краны двухконсольные с синхронными электродвигателями:				
1—2 шт.	—	1,0	0,8	—
3—5 шт.	—	1,0	0,7	—
Лебедки приводные (до 4 шт.)	—	0,6	0,3	—
Лебедки скреперные (до 4 шт.)	—	0,6	0,4	—
Растворные узлы	—	0,5—0,6	0,4—0,6	—
Электрический обогрев бетона периферийный	—	0,85	0,8	—
Электрический обогрев кирпичной кладки, грунта, трубопроводов	—	0,85	1,0	—
Трансформаторный электроподогрев бетона, отогрев грунта и трубопроводов	—	0,75	0,7	—
Охлаждение бетона	—	0,8	0,8	—
Нагревательные приборы мелкие	—	1,0	0,7	—
Печи сопротивления, сушильные шкафы, нагревательные приборы	—	0,95	0,8	—
Дуговые сталеплавильные печи 0,5—1,5 т	—	0,8	0,75	—
Переносные механизмы	—	0,45	0,1	—
Сварочные трансформаторы	0,2	0,4	0,3	—
Сварочные машины:				
для стыковой и точечной сварки	—	0,6	0,6	—
для шовной сварки	—	0,7	0,35	—
Сварочные агрегаты многопостовые для дуговой сварки	—	0,7	0,7	—
Однопостовые двигатель-генераторы сварки	—	0,6	0,35	—
Котельные передвижные	—	0,7	0,5	—
Компрессоры воздушные для пневмотранспорта (с синхронными двигателями выше 1 000 В)	—	1,0	0,75	—
Экскаваторы электрические с приводом на переменном токе (1 шт.) при грунтах:				
тяжелом	—	0,5	0,45	—
среднем	—	0,5	0,4	—
легком	—	0,5	0,38	—
То же (2—10 шт.) при грунтах:				
тяжелом	—	0,5	0,52—0,6	—
среднем	—	0,5	0,51—0,59	—
легком	—	0,5	0,50—0,58	—
Экскаваторы электрические с приводом на постоянном токе (1 шт.) при грунтах:				
тяжелом	—	0,5	0,46	—
среднем	—	0,5	0,43	—
легком	—	0,5	0,39	—

Продолжение табл. 24-6

Наименование группы приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \phi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
Экскаваторы электрические с приводом на постоянном токе (2—10 шт.) при грунтах:				
тяжелом	—	0,5	0,58—0,7	—
среднем	—	0,5	0,57—0,69	—
легком	—	0,5	0,56—0,68	—
Насосы с производительностью по воде от 360 до 1 620 м <sup>3</sup> /ч, с напорами 89—180 м (195—650 кВт)	—	0,8	0,6—0,8	—
Землесосы с производительностью по пульпе от 400 до 1 600 м <sup>3</sup> /ч, с напорами 27—53 м (75—450 кВт)	—	0,8	0,6—0,8	—
Земснаряды типа:				
100-35 (1 шт.)	—	0,75	0,85	—
300-40 (1 шт.)	—	0,8	0,9	—
Земснаряды типа 500-60 при количестве:				
1 шт.	—	0,8 опережающий	0,52	—
4 шт.	—		0,47	—
7 шт.	—		0,33	—
10 шт.	—		0,25	—
Земснаряды типа 1000-80 и количества:				
1 шт.	—	0,8 опережающий	0,93	—
3 шт.	—		0,86	—
5 шт.	—		0,82	—
7 шт.	—		0,79	—
Земснаряды типа и количества:				
1000-80 и 500-6		0,8 опережающий		
1 шт. 1 шт.	—		0,76	—
3 шт. 4 шт.	—		0,69	—
7 шт. 5 шт.	—		0,55	—
9 шт. 6 шт.	—		0,51	—
10 шт. 7 шт.	—		0,48	—
Станции перекачки типа:				
500-60 (1 шт.)	—	0,8 опережающий	0,93	—
300-40 (1 шт.)	—	0,8	0,95	—
100-35 (1 шт.)	—	0,75	0,85	—

## 24-7. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-7

## Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование группы приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{И}$	мощности $\cos \phi$	спроса $K_{С}$	включения $K_{В}$
По цеху (отделу) предприятию в целом				
Текстильная промышленность <sup>1</sup>				
Хлопчатобумажное производство				
Прядильная фабрика				
Сортировочно-разрыхлительный отдел	—	0,7	0,78	—
Трепальный отдел	—	0,75	0,82	—
Лабазы	—	0,74	0,5	—
Угарный отдел	—	0,75	0,75	—
Чесальный отдел	—	0,65	0,9	—
Приготовительный отдел без чесальных машин	—	0,8	0,75	—
Прядильный отдел	—	0,85	0,9	—
Мотально-тростильные машины	—	0,8	0,85	—
Крутильные машины	—	0,85	0,9	—
Ткацкая фабрика				
Мотальные и уточно-перемоточные машины	—	0,8	0,85	—
Сновальный отдел	—	0,8	0,72	—
Шлихтовальный отдел	—	0,8	0,8	—

Продолжение табл. 24-7

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включе- ния $K_{В}$
<i>Ткацкий цех</i>	—	0,65	0,85	—
Браковочный, приемно-контрольный отделы, бердоремизная, узловязальная и др.	—	0,7	0,8	—
<i>Отделочная фабрика</i>				
Основное и вспомогательное производствен- ное оборудование	—	0,77	0,5—0,7	—
Электрокалориферы	—	1,0	0,9	—
Производственные отделы крашения волок- на	—	0,82	0,6—0,7	—
Производственные отделы крашения пряжи	—	0,84	0,6—0,7	—
<i>Производство нетканых материалов</i>				
Сортировочно-разрыхлительный отдел	—	0,7	0,78	—
Трепальный отдел	—	0,74	0,65	—
Приготовительный отдел шерстяного произ- водства	—	0,75	0,68	—
Приготовительный отдел льняного произ- водства	—	0,73	0,7	—
Угарный отдел	—	0,75	0,68	—
Сновальный отдел и производство «Мали- поль»	—	0,7	0,85	—
Вязально-прошивной отдел	—	0,77	0,82	—
Отдел приемки и разбраковки сырья	—	0,72	0,9	—
Отдел мокрых отработок	—	0,82	0,8	—
Отдел стабилизации	—	0,93	0,8	—
Отдел фотофильмепечати	—	0,79	0,85	—
Сушильный отдел	—	0,78	0,75	—
Отдел производства клеевых нетканых ма- териалов	—	0,79	0,75	—
Ворсовально-стригальный отдел	—	0,77	0,85	—
Складально-браковальный отдел	—	0,73	0,85	—
Камвольно-суконное производ- ство и первичная обработ- ка шерсти	—			
<i>Аппаратное отделение</i>				
Карбонизационно-красильный отдел	—	0,75	0,85—0,9	—
Трепальный отдел	—	0,8	0,85	—
Угарный отдел (угарно-ватинный)	—	0,74	0,75	—
Смесовой отдел	—	0,73	0,65—0,7	—
Прядильный отдел (суконный)	—	0,83	0,85	—
Аппараты	—	0,79	0,7	—
<i>Камвольное прядение</i>				
Угарный отдел	—	0,74	0,75	—
Смесовой отдел	—	0,73	0,7	—
Чесальный отдел	—	0,80	0,75—0,8	—
Гребнечесальный отдел	—	0,77	0,9—0,95	—
Штапельный отдел	—	0,78	0,75	—
Красильно-гладильный отдел	—	0,79	0,7—0,75	—
Ровничный отдел	—	0,79	0,8	—
Прядильный (камвольный) отдел	—	0,83	0,85	—
Тростильно-крутильный отдел	—	0,81	0,85	—
<i>Ткацкое производство</i>				
Мотально-сновальный отдел	—	0,66	0,75—0,85	—
Шлихтовальный отдел	—	0,77	0,75	—
Ткацкий отдел (без двигателей подъема навоев)	—	0,7	0,85—0,9	—
Контрольно-чистильный, приборный, судо- вой отделы	—	0,62	0,65—0,7	—
<i>Отделочное производство</i>				
Опальный отдел	—	0,73	0,95	—
Заварно-промывной и сукновальный отде- лы	—	0,72	0,7	—
Ворсовальный отдел	—	0,77	0,75	—
Красильный отдел	—	0,75	0,8	—
Карбонизационный отдел	—	0,7	0,95	—
Сушильный отдел:				
электродвигатели	—	0,77	0,7	—
термические приемники	—	1,0	0,9	—
Стригальный отдел	—	0,75	0,75	—
Декатировочный отдел	—	0,75	0,7	—
Прессовый отдел	—	0,75	0,7	—
Уборочный отдел	—	0,55	0,7	—

Продолжение табл. 24-7

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{и}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{с}$	включе- ния $K_{в}$
<i>Первичная обработка шерсти</i>				
Сортировка	—	0,75	1,0	—
Мешо-карбонизационный отдел	—	0,75	1,0	—
Цех крашения волокна	—	0,75	0,76	—
Цех жиродобычи	—	0,75	0,85	—
<i>Шелковое производство</i>				
<i>Крутильное производство</i>				
Крутильный отдел	—	0,8	0,8—0,9	—
Запарный отдел	—	0,7	0,95	—
Прядильный отдел	—	0,82	0,85	—
<i>Ткацкое производство</i>				
Уточно-перемоточный отдел	—	0,69	0,7—0,75	—
Склад утка	—	0,7	0,25	—
Сновальный отдел	—	0,72	0,6—0,7	—
Шлихтовальный отдел	—	0,7	0,7—0,75	—
Склад основы	—	0,7	0,2	—
Ткацкий отдел	—	0,65	0,85—0,9	—
Товарно-чистильный и браковочный отделы	—	0,7	0,8	—
Клееварка	—	0,65	0,6	—
<i>Отделочное производство</i>				
Основное и вспомогательное производствен- ное оборудование	—	0,77	0,5—0,7	—
Электрокалориферы	—	1,0	0,9	—
<i>Льняное производство</i>				
<i>Прядильное производство</i>				
Льночесальный отдел	—	0,75	0,9	—
Отдел подготовки сырья (смесовой)	—	0,75	0,8	—
Льняной подготовительный отдел	—	0,76	0,78	—
Оческовый подготовительный отдел	—	0,76	0,77	—
Прядильный отдел сухого прядения	—	0,8	0,85	—
Прядильный отдел мокрого прядения	—	0,8	0,85	—
Отдел промывки угаров	—	0,72	0,78	—
Отдел отбелики ровницы (пряжебельный)	—	0,8	0,9	—
Крутильно-мотальный отдел	—	0,8	0,85	—
<i>Ткацкое производство</i>				
Мотально-сновальный отдел	—	0,7	0,7	—
Шлихтовальный отдел	—	0,75	0,88	—
Ткацкий отдел	—	0,6	0,78	—
Браковочный отдел	—	0,6	0,78	—
Картоносекальный отдел	—	0,7	0,4	—
<i>Отделочное производство</i>				
Стригальный отдел	—	0,8	0,93	—
Цех сухой отделки (отделка сурового то- вара)	—	0,72	0,9	—
Красильно-пропиточный отдел	—	0,82	0,85	—
Отделочный отдел	—	0,78	0,7	—
Опальный отдел	—	0,73	0,95	—
Отбельный отдел	—	0,8	0,85	—
Сушильный отдел	—	0,8	0,85	—
Уборочно-складальный отдел	—	0,76	0,8	—
<i>Кожевенно-обувная и меховая промышленность</i>				
<i>Обувные фабрики</i>				
Основное технологическое оборудование	—	0,76	0,45	—
<i>Кожевенные заводы</i>				
Заводы хромовых кож	—	0,73	0,35	—
Заводы жестких и юфтевых кож	—	0,73	0,3	—
<i>Заводы искусственной кожи</i>				
Фабрики обувных кожевенных картонов	—	0,76	0,75	—
Заводы кож на волокнистой и тканевой основе	—	0,77	0,65	—
<i>Заводы подошвенной резины</i>				
Основное технологическое оборудование	—	0,74	0,65	—
<i>Меховые фабрики</i>				
Сырьно-красильные фабрики	—	0,75	0,3	—
Скорняжные и шапочные фабрики	—	0,75	0,35	—
По группам однотипных приемников				
<i>Трикотажная и швейная про- мышленность</i>				
Универсальные швейные машины	—	0,62	0,63	—
Транспортеры швейных конвейеров	—	0,8	0,75	—
Закройные и настольные машины, линей- ки для обрезки концов, паровоздушные манекены, механические щетки	—	0,65	0,6	—
Электроутюги и полуавтоматические прес- сы, фальц-прессы, отпариватели	—	0,93	0,85	—

Продолжение табл. 24-7

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использова- ния $K_{И}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_{С}$	включе- ния $K_{В}$
Браковочно-мерительная машина, браковоч- ные станки, перфорационные и рулонно- нарезные машины	—	0,62	0,6	—
Разрывные машины для испытания ткани и ниток	—	0,6	0,6	—
Элеваторы для ткани, осноровочные маши- ны, подвесные конвейеры	—	0,62	0,55	—
Складские механические транспортеры, та- ли, подъемники	—	0,5	0,4	—
Основовязальные машины	—	0,75	0,75	—
Секционно-сновальные, мотальные, разви- вально-мотальные и резинооплеточные машины	—	0,7	0,7	—
Круглотрикотажные и круглоластичные ав- томаты, плоскофанговые полуавтоматы, многосистемные круглотрикотажные ма- шины	—	0,7	0,85	—
Станки для промера длины и ширины по- лотна, браковочно-просмотровые станки и вертикально-выворотные машины	—	0,7	0,5—0,6	—
Закройные машины и передвижные закрой- ные ножи, настольные машины, комп- лект для резки байки, машины для рез- ки и окантовки лекал	—	0,72	0,6	—
Швейные машины, машины для верхнего трикотажа	—	0,62	0,68	—
Вышивальные машины и тамбурные выш- вальные машины	—	0,62	0,7	—
Транспортеры трикотажных конвейеров	—	0,8	0,75	—
Утюги и электропрессы	—	0,98	0,85	—
Мерсеризационные, пряжекрасильные и от- бельные агрегаты, центрифуги; красиль- ные барабаны, баки с мешалками и т. п.	—	0,7—0,8	0,65—0,8	—
Аппараты для стабилизации крашения и формовки чулок, формовочные машины	—	0,9	0,6 (в пусковом режиме 1,0)	—
Сушильные машины, двухкамерные сушил- ки	—	0,7—0,8	0,6—0,8	—
Термические камеры к сушильно-шириль- ным машинам	—	0,98	0,95—1,0	—
Всривальные, стригальные станки	—	0,75—0,8	0,75	—
Центрифуги и технологические насосы	—	0,75	0,8	—
Лабораторное оборудование	—	0,6	0,6	—
Разные предприятия легкой промышленности	—	—	—	—
<i>Хлопкоочистительные предприятия</i>				
Основное технологическое оборудование	—	0,7	0,6—0,64	—
Вентиляторы и насосы	—	0,75	0,7	—
Механизмы внутрицехового непрерывного транспорта	—	0,7	0,65	—
Механизмы погрузочно-разгрузочных работ в сырьевой зоне	—	0,7	0,3—0,5	—
<i>Предприятия первичной обработки льна и конопли</i>				
Главный производственный корпус:	—	—	—	—
технологическое оборудование	—	0,78	0,82	—
вентиляция	—	0,78	0,9	—
Цех обмолота	—	0,8	0,82	—
<i>Предприятия джуто-кенафной промышлен- ности</i>				
Основное технологическое оборудование	—	0,7	0,6—0,64	—
Вентиляторы и насосы	—	0,75	0,7	—
Механизмы внутрицехового непрерывного транспорта	—	0,7	0,65	—
Механизмы погрузочно-разгрузочных работ в сырьевой зоне	—	0,7	0,3—0,6	—
<i>Шелкомотальные фабрики</i>				
Основное технологическое оборудование	—	0,7	0,6—0,64	—
Вентиляторы и насосы	—	0,75	0,7	—
Механизмы внутрицехового непрерывного транспорта	—	0,7	0,65	—
<i>Общепромышленные нагрузки</i>				
Вентиляция	—	0,85	0,7	—
Насосы	—	0,85	0,8	—
Кондиционирование	—	0,85	0,9	—
Подсобно-производственные установки пря- дильно-ткацких фабрик (ремонтно-меха- нические отделения, котельные и т. д.)	—	0,65	0,5	—
Внутрицеховой транспорт	—	0,65	0,3—0,5	—

Продолжение табл. 24-7

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{и}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_c$	включения $K_{в}$
Химстанция	—	0,7	0,6	—
Столовые	—	0,9	0,8	—
Химводочистка	—	0,8	0,9	—
Холодильные станции (низковольтная нагрузка)	—	0,84	0,8	—
Производственные компрессорные установки (с синхронными электродвигателями)	—	0,85	0,75	—
Склад сырья	—	0,65	0,3	—
Склад химикатов	—	0,7	0,5	—

<sup>1</sup> Для фабрик, перерабатывающих смесь искусственных и натуральных волокон, показатели электрических нагрузок групп приемников электроэнергии принимаются как для фабрик с натуральным волокном.

## 24-8. ПИЩЕВАЯ И МЯСО-МОЛОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-8

Показатели электрических нагрузок приемников и потребителей электроэнергии

Наименование групп приемников и потребителей электроэнергии	Коэффициенты			
	использования $K_{и}$	мощности $\cos \varphi$	спроса $K_c$	включения $K_{в}$
<b>Пищевая промышленность</b>				
<i>Производство муки и крупы</i>				
По цеху, корпусу, заводу в целом				
Мельница сортового помола	—	0,8	0,7—0,75	—
Мельница обойного помола	—	0,8	0,75—0,8	—
Склад готовой продукции	—	0,75	0,4—0,5	—
Крупозавод	—	0,8	0,65—0,7	—
Комбикормовый цех:				
производственный корпус с грануляторами	—	0,8	0,55—0,65	—
склад сырья и готовой продукции	—	0,75	0,4—0,5	—
Элеватор	—	0,75	0,45—0,5	—
Сушильно-очистительные башни (СОБ) с шахтами и газовыми сушилками	—	0,75	0,75—0,8	—
СОБ и механизированные склады зерна	—	0,75	0,4—0,5	—
Заводы и цехи по обработке кукурузы	—	0,8	0,6—0,65	—
Подсобный корпус и механические мастерские	—	0,75	0,25—0,8	—
Компрессорная станция	—	0,8	0,4—0,5	—
Котельная и насосная	—	0,75	0,5—0,6	—
Зарядная станция (на 3—6 агрегатов)	—	0,6	0,7—0,75	—
<i>Производство сахара</i>				
По цеху в целом				
Сахарный завод	—	—	0,55	—
По группам однотипных приемников				
Технологическое оборудование (специальное)	—	—	0,2—0,6	—
Транспортирующие механизмы	—	—	0,2—0,8	—
Жидкостные насосы	—	—	0,3—0,9	—
Воздушные, газовые насосы и компрессоры	—	—	0,5—0,85	—
Вентиляторы и дымососы	—	—	0,3—0,75	—
<b>Мясо-молочная промышленность</b>				
По производству (заводу, комбинату и т. п.) в целом				
Крупные мясокомбинаты, мясоконсервные комбинаты и мясоперерабатывающие предприятия	0,25—0,28	—	0,44—0,48	—
Мясокомбинаты	0,29—0,30	—	0,5—0,55	—
Крупные птицекомбинаты	0,3—0,35	—	0,4—0,45	—
Птицефабрики	0,28—0,29	—	0,35—0,38	—
Яйцесушильные заводы	0,5—0,52*	—	0,56—0,58	—
Фабрики перовых изделий	0,21—0,23	—	0,4—0,44	—
Клеевые заводы	0,42—0,43	—	0,47—0,5	—
Желатинировые заводы	0,33—0,34	—	0,35—0,4	—
Крупные молочные и консервные комбинаты и заводы	0,35—0,36	—	0,44—0,48	—
Молочные, молочнодиетические заводы; заводы сгущенного молока	0,36—0,38*	—	0,48—0,52	—
Маслозаводы; сыродельные заводы; заводы плавленых сыров	0,4—0,42*	—	0,55—0,58	—

\* Данные приближенные.

## Б. УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

## 24-9. ЧЕРНАЯ И ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Таблица 24-9

## Удельные расходы металлургии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Черная металлургия</b>		
<i>Коксохимическое производство</i>		
Кокс 6%-ной влажности:		
в среднем по отрасли	т	28—28,9
в том числе: РСФСР	»	24,2
УССР	»	32,0
по отдельным коксохимическим заводам и цехам	»	16,9—50,8
<i>Доменное производство</i>		
Чугун (без учета доменного дутья):		
в среднем по отрасли	»	8,4—9,9
по доменным цехам отдельных заводов	»	4,2—66,0
выплавленный в электродомне	»	2 100—3 000
Доменное дутье:		
в среднем по отрасли	1 000 м <sup>3</sup>	4,7—4,8
по доменным цехам отдельных заводов	1 000 м <sup>3</sup>	2,6—6,8
<i>Мартеновское производство</i>		
Сталь мартеновская:		
в среднем по отрасли	т	8,5—9,2
по мартеновским цехам отдельных заводов	»	5,8—15,0
по отдельным мартеновским печам емкостью, т:		
125	»	8,0
185	»	6,5
220—250	»	6,0
370—500	»	5,5
600—900	»	5,2
<i>Кислородное производство</i>		
Кислород:		
в среднем по отрасли	м <sup>3</sup>	0,7—0,9
по кислородным цехам отдельных заводов	»	0,3—2,7
по отдельным кислородным заводам	»	1,9—2,7
<i>Производство стали в дуговых электропечах</i>		
Электросталь:		
в среднем по отрасли	т	685—693
по электросталеплавильным цехам отдельных заводов:		
металлургических	т	212—229
	(годных слитков)	на жидкой шихте 600—768
		на твердой шихте
машиностроительных	т	540—962
	(жидкой стали в ковше)	
по отдельным электропечам емкостью, т:		
0,5	То же	1 065—1 134
1,5	» »	806—859
3,0	» »	690—700
по отдельным маркам стали:		
инструментальная	» »	775
гадфильда	» »	660
углеродистая	» »	620
<i>Производство проката</i>		
Прокат стали в среднем по отрасли	т	93,8—99,9
в том числе:		
РСФСР	»	95,9
УССР	»	92,2
Узбекская ССР	»	87,5
Казахская ССР	»	99,1
Грузинская ССР	»	65,6
Азербайджанская ССР	»	74,4
по прокатным цехам отдельных заводов	»	37,4—201,1
Прокат по отдельным станам:		
крупносортные 600—650	»	50—55
крупносортные 500—550	»	35
сортные 300	»	40—45
Непрерывные и полунепрерывные:		
среднесортные 300—400	»	35—45
мелкосортные 250	»	50
проволочные	»	70
тонколистовые	»	60—70
толсто- и среднелистовые	»	30—60
универсальные		

Продолжение табл. 24-9

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Прокат по цехам холодной прокатки:		
жести горячего лужения	т	200—250
жести электролитического лужения	»	400
прочих видов листовой продукции	»	120
с обжигательными печами	»	600
без обжигательных печей	»	80
Блюмсы, слябы по отдельным станам:		
блуминги с нагревательными колодцами	»	20—25
в том числе:		
главный привод	»	16—20
механизмы и краны	»	4—5
блуминги 1 150, слябинги 1 150	»	12
блуминги 1 100	»	15
Заготовка по отдельным станам:		
заготовочные станы 900	»	60
непрерывно-заготовочные станы 720/500	»	18
заготовочно-полосовые и проволочно-проходные станы	»	60—80
Рельс Р43, швеллер С20, двутавр 33 по рельсобалочным станам	»	69
Профильный прокат, круг диаметром 90, 15 и квадрат 150 по рельсобалочным станам	»	65
Рельсы Р38 и Р50, швеллер 26 и двутавр 30 по рельсобалочным станам	»	51—55
Рельсы:		
в среднем по рельсобалочным станам:		
с термообработкой	»	65
без термообработки	»	50
Колеса:		
в среднем по колесопрокатным цехам	»	90
с механической обработкой колес	»	
Полоса, лента по станам для холодной прокатки штрипсов	»	80—100
Проволока по отдельным станам:		
проволочные станы линейного расположения 250—280	»	90
станы для горячей прокатки штрипсов	»	80—90
мелкосортные и проволочные станы	»	70—80
тонколистовые станы, включая отжиг	»	70—80
		(плюс отжиг 180)
Цветной прокат по прокатным цехам отдельных заводов	»	1 013—1 100
Алюминиевый прокат по видам продукции:		
прокат	»	6 000
трубы	»	12 000
Медный прокат по видам продукции:		
катанка	»	75—100
кабельная проволока	»	150
красная медь	»	500—700
латунь	»	1 000—1 100
трубы	»	1 500
Различные виды годной продукции:		
непрерывная печная сварка	»	40—60
непрерывное травление	»	6—7
электролитическая очистка (отделка)	»	8—9
дрессировочные станы	»	15—20
отжиг жести	»	15—20
электролитическое лужение	»	90—110
опинковка листового железа	»	25—30
широкополосные станы 2500	»	77
среднесортные станы линейного расположения 350—450	»	40—50
отжиг ленты	»	230
<i>Производство стальных труб</i>		
Трубы стальные:		
в среднем по отрасли	»	124,4—125
по отдельным трубопрокатным заводам и цехам	»	49,2—320
в том числе:		
по трубопрокатным цехам с автоматическими станками	»	76—167
по трубоэлектросварочным станам	»	80—85
Трубные заготовки в среднем по трубопрокатным цехам	»	45
Прокат по трубопрокатным станам 180—360 мм	»	150—175
<i>Производство ферросплавов</i>		
Ферросилиций:		
75%	»	8 586—8 948
45%	»	4 414—5 124
25%	»	2 821
18%	»	1 900—2 007
Феррохром:		
среднеуглеродистый	»	2 020—2 573
безуглеродистый	»	2 385—2 526
перелыный	»	3 344—3 600
углеродистый	»	3 440
рафинированный	»	2 228
Силикохром 50%-ный	»	5 420—5 500
Силикокальций	»	12 993



Продолжение табл. 24-9

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Ферромарганец:		
углеродистый	т	3 018
среднеуглеродистый	»	1 548—1 735
Силикомарганец	»	3 036
Марганец металлургический	»	9 699
Марганец электролитический	»	11 500
Кремний кристаллический	»	13 200
Ферровольфрам	»	3 000
Феррованадий	»	1 600
Пятиокись ванадия	»	900
<i>Производство огнеупоров</i>		
Алюмосиликатные изделия	»	55—70
Магнезиальные изделия	»	105—115
Динасовые изделия	»	85—100
Обожженный доломит	»	45—55
Магнезитовый порошок из природного сырья	»	60—70
<i>Метизная промышленность</i>		
Проволока стале- и железопроволочного производства:		
при применении электроотжига	»	э* + 250 у
при газовом или мазутном топливе	»	э* + 50 у
Крепежные изделия:		
в среднем	»	130—150
по отдельным деталям:		
гайки и болты	»	250—300
шурупы и винты	»	400—900
Канаты:		
толстые	»	30—90
средние	»	150—200
тонкие	»	600—800
Гвозди (в среднем)	»	60—115
Сетка:		
тонкая, плетеная	»	200—250
сварная, арматурная	»	130—170
Электроды (в среднем)	»	250—300
Лента холоднопрокатного производства толщиной:		
0,5—0,1 мм	»	650
менее 0,1 мм	»	1 200—1 500
Оцинкование 1 т проволоки:		
гальваническое	»	150—200
горячее с применением электропечных ванн для расплава цинка	»	250
<i>Производство сжатого воздуха</i>		
Сжатый воздух:		
в среднем по отрасли	1 000 м <sup>3</sup>	90—100
по отдельным металлургическим заводам	»	60—110
<i>Промышленное водо- и газоснабжение</i>		
Вода техническая:		
в среднем по отрасли	»	150—250
по отдельным металлургическим заводам	»	167—370
Газ генераторный	»	15,9
<i>Цветная металлургия</i>		
<i>Производство меди</i>		
Медь черная:		
в среднем по отрасли	т	385—401
по отдельным медеплавильным заводам	»	120—1 158
полученная в конверторах в среднем	»	1 700—2 250
в том числе:		
получение концентрата	»	1 275—1 600
отражательные печи и конверторы	»	150—300
подсобные цехи	»	250—350
Медь, полученная при электроплавке богатых руд, в среднем	»	3 000—5 000
Медь рафинированная:		
в среднем по отрасли	»	390—418
по отдельным заводам	»	396—600
<i>Производство никеля</i> в среднем по отрасли		
электролитной	»	3 840—4 862
огневой	»	11 100
<i>Производство свинца</i>		
Свинец	»	482—502
<i>Производство глинозема и анодной массы</i>		
Глинозем (по отдельным заводам)	»	279—757

Продолжение табл. 24-9

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Анодная масса:		
в среднем по крупным цехам	т	60
то же по мелким цехам	»	75
<i>Производство алюминия</i>		
Алюминий сырец:		
в среднем по отрасли	»	17 400—18 400
в том числе:		
технологические операции, исключая электролиз	»	300—570
переплавка алюминия в электролитейном цехе	»	550
<i>Алюминиевое и магниевое производства</i>		
Силикоалюминий (полученный в дуговых печах)	»	10 000—16 000
Хлорид магния (полученный в шахтных печах)	»	550
Магний (рафинирование в тигельных электропечах)	»	950
<i>Производство электродов</i>		
Электроды графитированные	»	6 220—6 900
<i>Электролизные производства цветной металлургии</i>		
Алюминий	»	17 000—19 000, 15 150**
Магний	»	20 000—22 000
		17 500—18 000**
Цинк	»	3 800—4 000
		3 100—3 330**
Натрий	»	14 000—15 000**
Свинец	»	3 100—3 800
Сурьма 99,9%	»	320
Литий	»	40 000—86 000
Марганец 99,95%	»	8 000
Медь	»	2 500—3 000
Кадмий 99,98%	»	2 250
Кальций	»	30 000—50 000
Бериллий	»	50 000
<i>Электролитическое рафинирование цветных металлов</i>		
Никель	»	3 800—4 200, 3 500**
Свинец	»	110—150
Медь 99,95—99,999%	»	180—270
Золото 99,93—99,99%	»	300—350
Серебро 99,95—99,99%	»	420—600
Олово 99,9%	»	190
Висмут 99,95%	»	120
Электролитическое железо (до 99,95%)	»	4 000—8 000

\* Удельный расход, определяемый расчетом.

\*\* Постоянный ток.

## 24-10. ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ И ТОПЛИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-10

## Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<i>Горнорудная промышленность</i>		
<i>Добыча руды на открытых горных разработках</i>		
(по отдельным видам работ)		
Добыча руды на механизированных открытых разработках:		
с электровозной откаткой	Горная масса, т	3,4—5,5
	Руда, т	4,3—25,6
с автотранспортом	Горная масса, т	1,5—5,6
	Руда, т	2,2—5,6
Выемка горной массы одноковшовыми экскаваторами типа ЭКГ-4, ЭКГ-4,6 и ЭКГ-8	Горная масса, т	0,35—1,0
Выемка грунта одноковшовым экскаватором ЭВГ-15	Грунт, т	0,25—0,7
Бурение скважин буровым станком	Проходка, м	4—10
Выемка грунта:		
многоковшовым экскаватором при грунтах:		
тяжелом	Грунт, м <sup>3</sup>	0,5—0,8
среднем	То же	0,3—0,5
легком	» »	0,2—0,3
одноковшовым экскаватором при грунтах:		
тяжелом	Грунт, т	0,8—1,3

Продолжение табл. 24-10

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
среднем	Грунт, т	0,5—0,8
легком	То же	0,35—0,5
драглайном:		
малым	»	1,0—1,3
мощным	»	0,8—1,0
роторным экскаватором	»	Определяется расчетом
<i>Добыча руд черных металлов</i>		
Руда железная:		
в среднем	т	19,8
по отдельным рудникам	»	10—31,3
Руда железная, включая обогащение и производство концентрата, в среднем	»	42,7
Руда марганцевая по отдельным рудникам	»	16,4—40
Руда марганцевая, включая обогащение и производство концентрата, по отдельным рудникам	»	36,4—59,5
<i>Добыча руд цветных металлов</i>		
Руда медная:		
в среднем	»	11,2
в том числе:		
при открытых разработках	»	7—18
при подземных разработках	»	27—40
по отдельным рудникам	»	22—32
Руда никелевая в среднем	»	34,6—45,8
Руда свинцово-цинковая:		
в среднем, без обогащения	»	31 (24—50)
то же, включая обогащение	»	70—103
<i>Обогатительные и агломерационные фабрики черной и цветной металлургии</i>		
<i>Производство агломерата и концентрата руд черных металлов</i>		
Агломерат:		
в среднем	»	28,1—30
по отдельным аглофабрикам	»	15—55,8
Железный концентрат по отдельным ГОК	»	76,5
<i>Производство агломерата и концентрата по отдельным технологическим процессам:</i>		
Дробление и сортировка:		
в среднем	»	1,5
по отдельным фабрикам	»	0,5—2,5
Мелкое и тонкое измельчение по отдельным фабрикам:		5—12,5
Промывка:		
в среднем	»	2,5
по отдельным фабрикам	»	1,0—4,5
Магнитообогащение:		
сухое в среднем	»	5
мокрое в среднем	»	62
по отдельным фабрикам	»	60—64
Гравитационное обогащение, в среднем	»	17,3
Сбжиг по отдельным фабрикам	»	12—17
Флотация в среднем	»	24,5
Агломерация магнетито-гематитовых руд:		
в среднем	»	20
по отдельным фабрикам	»	15—25
То же бурожелезняковых руд:		
в среднем	»	30
по отдельным фабрикам	»	25—35
Брикетирование:		
в среднем	»	8
по отдельным фабрикам	»	4—24
Рудоусреднение в среднем	»	2
<i>Обогащение и переработка руд цветных металлов (по отдельным технологическим процессам)</i>		
Руда медная (обогащение):		
в среднем	»	30—32,3
по отдельным фабрикам при суточной производительности по руде, т:		
до 500	Руда, т	28—34
1 000	То же	24—30
3 000	»	29—30
5 000	»	33—35
10 000	»	33—35
20 000 и выше	»	18—20

Продолжение табл. 24-10

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Руда свинцово-цинковая (обогащение) по отдельным фабрикам при суточной производительности по руде, т:		
до 250	Руда, т	33—45
500	То же	33—35
1 000	»	26—55
3 000	»	30—44
5 000	»	40—42
10 000 и выше	»	36—38
Руда молибдено-вольфрамовая (обогащение) по отдельным фабрикам при суточной производительности по руде, т:		
до 250	»	36—44
500	»	39—47
1 000	»	26—30
3 000	»	26—33
5 000 и выше	»	26—33
Руда никелевая (переплав в среднем)	т	711—849
Руда никелевая (плавка сульфатной руды на штейн) в среднем	»	690—750
Руда никелевая (плавка руд на роштейн) в среднем	»	690—900
Обоженный концентрат (при плавке сульфатных медных руд на штейн) в среднем	»	380—450
Агломерат (при плавке сульфатных свинцовых руд на штейн) в среднем	»	460—520
Концентрат (при плавке оловянных концентратов) в среднем	»	900—1 100
Агломерат (при выплавке из окисленных руд) ферроникеля в среднем:		
10%-ного	»	750—900
20%-ного	»	1 000—1 200
Никелевые аноды (при восстановительной плавке закиса никеля) в среднем	»	1 200—1 300
Концентрат (при плавке сурьмянистых концентратов) в среднем	»	700—750
Титанистые шлаки (при плавке ильменита) в среднем	»	2 300—3 100
Шлаки (при плавке конверторных шлаков) в среднем	»	900—1 100
Жидкие шлаки (шахтной плавки) в среднем:		
отстаивание	»	15—60
перегрев	»	90—110
<b>Топливная промышленность</b>		
<i>Добыча топлива</i>		
Уголь:		
в среднем по отрасли	»	28,8
в том числе:		
подземная добыча	»	33,8
открытая добыча	»	11,2
гидравлическая добыча	»	102,6
по отдельным бассейнам		
в том числе:		
подземная добыча	»	14,9—66
открытая добыча	»	8,5—9,5
гидравлическая добыча	»	37,6—65,7
Сланцы:		
в среднем при подземной добыче	»	22,5
то же при открытой добыче	»	5,8
Нефть сырая:		
добыча в среднем по отрасли	»	26,4
то же по отдельным районам	»	4,6—90,0
то же по отдельным технологическим процессам:		
компрессорный способ	»	130—300
глубиннонасосный способ (станками-качалками нормального ряда)	»	10—50
погружными электронасосами	»	70—120
разведочное бурение в среднем по отрасли	Проходка, м	259,6
то же по отдельным районам	То же	39,9—527,5
то же по отдельным процессам бурения:		
роторное	»	200—300
турбинное	»	250—450
электробурение	»	90—120
эксплуатационное бурение в среднем по отдельным процессам бурения:		
роторное	»	60—100
турбинное	»	100—150
электробурение	»	60—70

Продолжение табл. 24-10

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<i>Переработка топлива</i>		
Обогащение угля:		
в среднем по отрасли	т	6,2
по отдельным бассейнам	»	5,7—9,0
Производство угольных брикетов в среднем по отрасли	»	25
Получение газа бытового (переработка сланцев) в среднем	1 000 м <sup>3</sup>	263
Получение сланцевого масла в среднем:		
генераторного	т	135—170
туннельного	»	280—310
Производство масел:		
в среднем по отрасли	»	257,8
по отдельным районам	»	32,9—330,5
Переработка нефти сырой:		
в среднем по отрасли	»	27,5
по отдельным районам	»	4,2—12,7
Первичная переработка нефти по различным отраслям в среднем	»	11,6
Крекинг сырой нефти:		
термический:		
в среднем по отрасли	»	13,6
по отдельным районам	»	3,1—9,1
каталитический:		
в среднем по отрасли	»	51,8
по отдельным районам	»	41,1—80,3
Нефтепереработка по отдельным технологическим установкам:		
электрообессоливающая установка (ЭЛОУ) производительностью в год, тыс. т:		
750	»	2,16
2 000	»	2,5
атмосферно-вакуумная трубчатка (АВТ) производительностью в год, тыс. т:		
500	»	5,0
1 000	»	2,24
2 000	»	2,21
АВТ+ЭЛОУ комбинированная производительность в год, тыс. т:		
1 000	»	5,55
2 000	»	4,94
вторичная перегонка бензина (750 тыс. т в год)	»	5,0
каталитический крекинг (750 тыс. т в год)	»	48,5
термический крекинг (450 тыс. т в год)	»	11,1
каталитический риформинг (300 тыс. т в год):		
однопоточный	»	7,2
двухпоточный	»	9,25
азеотропная перегонка (150 тыс. т в год)	»	1,5
сернокислотная очистка вторичной перегонки (50 тыс. т в год)	»	15,3
гидроочистка дизельного топлива (700 тыс. т в год)	»	27,9
непрерывное коксование в необогреваемых камерах (300 тыс. т в год)	»	13,4
контактное коксование (500 тыс. т в год)	»	13,3
газофракционирующая установка (400 тыс. в год)	»	7,15
сероочистка газа (35 тыс. т в год)	»	12,4
то же сухого газа (160 тыс. т в год)	»	4,35
сернокислотное алкилирование (90 тыс. т в год)	»	137,2
полимеризация пропан-пропиленовой фракции (360 тыс. т в год)	»	2,96
установка деасфальтизации гудрона производительностью в год, тыс. т:		
125	»	9,1
250	»	5,75
установка фенольной очистки масел производительностью в год, тыс. т:		
61—96	»	25—15,8
150—265	»	11,2—6,8
депарафинизация (125 тыс. т в год)	»	134
то же, двоянная (250 тыс. т в год)	»	183
двухпоточная установка обезмасливания газа (160 тыс. т в год)	»	109
трехпоточная установка контактной очистки масел (330 тыс. т в год)	»	7,65
производство присадок (6,64 тыс. т в год)	»	181,0

## 24-11. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ, МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-11

### Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Машиностроительная, металлообрабатывающая и электротехническая промышленность</b>		
<i>Производство автомобилей</i>		
<b>Автомобили:</b>		
ГАЗ-965	шт.	625
М407	»	1 172
ЗИЛ-131	»	2 860
МАЗ-500	»	5 200
МАЗ-525, МАЗ-530	»	11 800
Горьковского автомобильного завода	»	1 200
<b>Автобусы:</b>		
ЛИАЗ-675	»	4 400
ЛАЗ-965 Б	»	3 750
ЗИУ-6	»	11 600
<i>Производство тракторов<sup>1</sup></i>		
<b>Гусеничные тракторы заводов без заготовительных цехов</b>		
<b>Класс трактора по тяговому усилию, тс:</b>		
6	»	2 600
		3 500
		2 000
4	»	3 600
		1 700
3	»	2 100
		1 400
2	»	1 700
		900
0,6	»	1 000
<b>Гусеничные тракторы заводов с заготовительными цехами</b>		
<b>Класс трактора по тяговому усилию, тс:</b>		
6	»	5 200
		6 500
		4 300
4	»	5 300
		3 800
3	»	4 600
		3 300
2	»	3 900
		2 600
0,6	»	3 000
<b>Колесные тракторы заводов без заготовительных цехов</b>		
<b>Класс трактора по тяговому усилию, тс:</b>		
5	»	2 200
		3 000
		1 400
3	»	1 900
		800
1,4	»	1 100
		500
0,9	»	800
		500
0,6	»	600

Продолжение табл. 24-11

Наименование отрасли промышленности, производства и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Колесные тракторы заводов с заготовительными цехами		
Класс трактора по тяговому усилию, тс:		
5	шт.	3 600
		5 100
		2 700
3	»	3 700
		2 000
1,4	»	2 600
		1 800
0,9	»	2 300
		1 700
0,6	»	2 100
<i>Производство велосипедов</i>		
Велоспеды	»	22,5
<i>Производство шарикоподшипников</i>		
Подшипники условные	0,43 кг	1,33
Подшипники условные	0,7 кг	1,39
<i>Производство абразивов</i>		
Карбид кремния черный	т	8 000
То же зеленый	»	9 800—11 200
Монокорунд	»	3 200
Электрокорунд	»	2 600
Карбид бора	»	28 500
<i>Производство сельскохозяйственных машин и механизмов</i>		
<b>Комбайны:</b>		
зерноуборочные	шт.	7 000—9 000
кукурузоуборочные	»	800
силосоуборочные	»	900—1 000
свеклоуборочные	»	1 700
Картофелекопалки, картофелесажатели	»	600—800
Косилки, катки, грабли	»	1 000—1 500
Сеялки, аэрозольные приспособления	»	1 100—1 500
Плуги	»	1 900—2 700
Культиваторы	»	900—1 200
Зерноочистительные и зерносушильные машины	»	400—500
Хлопкоуборочные машины	»	800
Свеклоподборщики, свеклопогрузчики	»	1 400
Уборочные машины для льна и конопли	»	1 000
Часеборочные машины	»	1 200
Погрузчики-бульдозеры, погрузчики грейферные	»	500—900
Транспортеры скребковые, кондиционеры воздуха	»	400—900
<i>Производство электротехнических изделий</i>		
Электросчетчики	»	6
Электродвигатели	Условный 1 кВт мощности	12—18
Статические конденсаторы	Условный 1 квар мощности	3
Трансформаторы	Условный 1 кВ·А мощности	2,5
Электрофарфор	т	300—800
<i>Производство различных видов продукции и изделий</i>		
Дизель-тепловозы	шт.	10 500
Тепловозы ТЭ-2	»	43 000
Паровые турбины	»	190 000
<b>Вагоны:</b>		
пассажирские цельнометаллические	»	25 000—30 000
трамвайные	»	7 000
товарные крытые	»	1 600—2 300
Кузнечные поковки	»	30—80
Чугунное литье	»	300
Цветное литье	»	600—1 000
Кислород	м <sup>3</sup>	1,2—2
Сжатый воздух	1000 м <sup>3</sup>	100

<sup>1</sup> В числителе указан удельный расход электроэнергии на трактор при получении двигателей по кооперации, а в знаменателе — при изготовле-

нии двигателей непосредственно на тракторном заводе.

## 24-12. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-12

## Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Химическая промышленность</b>		
<i>Производство искусственного и синтетического волокна</i> (по отдельным производствам, цехам и видам нагрузок)		
<i>Производство вискозного корда</i> (средний номер 5,6)		
Химический цех в целом	т	640
В том числе:		
технология	»	500
вентиляция и кондиционирование	»	110
освещение	»	30
Прядильный цех в целом	»	2 000
В том числе:		
технология	»	1 350
вентиляция и кондиционирование	»	600
освещение	»	50
Крутильный цех в целом		
В том числе:		
технология	»	570
вентиляция и кондиционирование	»	30
освещение	»	30
Ткацкий цех в целом	»	70
В том числе:		
технология	»	30
вентиляция и кондиционирование	»	20
освещение	»	20
Итого цеховые нагрузки по производству в целом	»	3 340
В том числе:		
технология	»	2 450
вентиляция и кондиционирование	»	760
освещение	»	130
Общезаводские нужды по производству в целом	»	1 260
В том числе:		
водоснабжение	»	300
выработка холода	»	720
выработка тепла	»	30
сжатый воздух	»	230
Всего по производству вискозного корда	»	4 600
<i>Производство капронового корда</i> (средний номер 10,7)		
Химический цех в целом	»	1 930
В том числе:		
технология	»	1 700
вентиляция и кондиционирование	»	200
освещение	»	30
Прядильный цех в целом	»	1 490
В том числе:		
технология	»	870
вентиляция и кондиционирование	»	500
освещение	»	120
Крутильный цех в целом	»	3 460
В том числе:		
технология	»	1 730
вентиляция и кондиционирование	»	1 130
освещение	»	600
Ткацкий цех в целом	»	270
Отделочный цех в целом	»	1 200
В том числе:		
технология	»	700
вентиляция и кондиционирование	»	400
освещение	»	100
Итого цеховые нагрузки по производству в целом	»	8 350
В том числе:		
технология	»	5 000
вентиляция и кондиционирование	»	2 230
освещение	»	850



Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Общезаводские нужды по производству в целом</b>	т	410
В том числе:		
водоснабжение	»	190
сжатый воздух	»	10
выработка азота	»	170
выработка холода	»	10
выработка тепла	»	30
Всего по производству капронового корда	»	9 760
<i>Производство капронового шелка (средний номер 200)</i>		
Химический цех в целом	»	1 690
В том числе:		
технология	»	1 500
вентиляция и кондиционирование	»	160
освещение	»	30
Прядильный цех в целом	»	4 790
В том числе:		
технология	»	2 750
вентиляция и кондиционирование	»	1 800
освещение	»	240
Крутильный цех в целом	»	6 840
В том числе:		
технология	»	2 740
вентиляция и кондиционирование	»	2 400
освещение	»	1 700
Отделочный цех в целом	»	1 260
В том числе:		
технология	»	740
вентиляция и кондиционирование	»	420
освещение	»	100
Бобинажноперемоточный цех в целом	»	1 460
В том числе:		
технология	»	340
вентиляция и кондиционирование	»	610
освещение	»	510
Итого цеховые нагрузки по производству в целом	»	16 040
В том числе:		
технология	»	8 070
вентиляция и кондиционирование	»	5 390
освещение	»	2 580
Общезаводские нагрузки по производству в целом	»	420
В том числе:		
водоснабжение	»	190
сжатый воздух	»	10
выработка азота	»	170
выработка холода	»	10
выработка тепла	»	40
Всего по производству капронового шелка	»	16 460
<i>Производство центрифугального шелка (средний номер 60)</i>		
Химический цех в целом	»	640
В том числе:		
технология	»	500
вентиляция и кондиционирование	»	100
освещение	»	40
Прядильный цех в целом	»	4 680
В том числе:		
технология	»	3 200
вентиляция и кондиционирование	»	1 390
освещение	»	90
Отделочный цех в целом	»	710
В том числе:		
технология	»	580
вентиляция и кондиционирование	»	100
освещение	»	30
Бобинажноперемоточный цех в целом	»	420

Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>В том числе:</b>		
технология	т	320
вентиляция и кондиционирование	»	50
освещение	»	50
<b>Итого цеховые нагрузки по производству в целом</b>	»	<b>6 450</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	4 600
вентиляция и кондиционирование	»	1 640
освещение	»	210
<b>Общезаводские нужды по производству в целом</b>	»	<b>1 750</b>
<b>В том числе:</b>		
водоснабжение	»	390
сжатый воздух	»	130
выработка холода	»	1 260
выработка тепла	»	60
<b>Всего по производству центрифугального шелка</b>	»	<b>8 200</b>
<i>Производство штапеля (средний номер 3 200)</i>		
<b>Химический цех в целом</b>	»	<b>840</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	700
вентиляция и кондиционирование	»	90
освещение	»	50
<b>Прядильный цех в целом</b>	»	<b>640</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	470
вентиляция и кондиционирование	»	130
освещение	»	40
<b>Итого цеховые нагрузки по производству в целом</b>	»	<b>1 480</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	1 170
вентиляция и кондиционирование	»	220
освещение	»	90
<b>Общезаводские нужды по производству в целом</b>	»	<b>740</b>
<b>В том числе:</b>		
водоснабжение	»	150
сжатый воздух	»	50
вакуум-установка	»	20
выработка холода	»	500
выработка тепла	»	20
<b>Всего по производству штапеля</b>	»	<b>2 220</b>
<i>Производство ацетатного шелка (средний номер 108)</i>		
<b>Химический цех в целом</b>	»	<b>640</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	440
вентиляция и кондиционирование	»	170
освещение	»	30
<b>Прядильный цех в целом</b>	»	<b>1 920</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	1 100
вентиляция и кондиционирование	»	690
освещение	»	130
<b>Крутильный цех в целом</b>	»	<b>2 900</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	2 160
освещение	»	740
<b>Цех регенерации ацетона в целом</b>	»	<b>650</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	560
вентиляция и кондиционирование	»	70
освещение	»	20
<b>Итого цеховые нагрузки по производству в целом</b>	»	<b>6 110</b>
<b>В том числе:</b>		
технология	»	4 260
вентиляция и кондиционирование	»	930
освещение	»	920
<b>Общезаводские нужды по производству в целом</b>	»	<b>650</b>
<b>Всего по производству ацетатного шелка</b>	»	<b>6 760</b>

Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<i>Производство целлофана (титр 45 г/м<sup>2</sup>)</i>		
Химический цех в целом	т	520
В том числе:		
технология	»	400
вентиляция и кондиционирование	»	90
освещение	»	30
Цех изготовления пленки в целом	»	930
В том числе:		
технология	»	340
вентиляция и кондиционирование	»	550
освещение	»	40
Итого цеховые нагрузки по производству в целом	»	1 450
В том числе:		
технология	»	740
вентиляция и кондиционирование	»	640
освещение	»	70
Общезаводские нужды по производству в целом	»	750
В том числе:		
водоснабжение	»	70
сжатый воздух	»	10
вакуум-установка	»	10
выработка холода	»	660
Всего по производству целлофана	»	2 200
<i>Производство полиэтилена низкого давления высокой плотности (по отдельным цехам и видам нагрузки)</i>		
Цех очистки этилена в целом	»	1 170
В том числе:		
технология	»	1 100
вентиляция	»	50
освещение	»	20
Цех полимеризации в целом	»	1 450
В том числе:		
технология	»	1 200
вентиляция	»	200
освещение	»	50
Цех грануляции в целом		
В том числе:		
технология	»	500
вентиляция	»	50
освещение	»	20
Цех дистилляции и очистки азота в целом	»	205
В том числе:		
технология	»	150
вентиляция	»	50
освещение	»	5
Цех катализации в целом	»	105
В том числе:		
технология	»	50
вентиляция	»	50
освещение	»	5
Цех легковоспламеняющихся жидкостей в целом	»	100
Всего по производству полиэтилена в целом	»	3 600
В том числе:		
технология	»	3 000
вентиляция	»	400
освещение	»	100
<i>Производство аммиака (по отдельным цехам)</i>		
Цех разделения воздуха	»	350—273*
Цех конверсии	»	50—14
Газогенераторный цех	»	0—123
Цех компрессии	»	1 030—1 150
Холодильные установки	»	68—0
Водоочистка	»	128—300
Цех моноэтаноловой очистки	»	12—0
Цех медно-аммиачной очистки	»	70—98
Сероочистка	»	0—10
Цех синтеза аммиака	»	100—120
Общезаводские нужды	»	110—180
Всего по производству аммиака	»	1 918—2 268

Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт.ч
<i>Производство метанола (по отдельным цехам)</i>		
Цех разделения воздуха	т	610—544*
Цех конверсии	»	43—14
Газогенераторный цех	»	0—300
Цех компрессии	»	890—1 380
Водоочистка	»	130—79
Сероочистка	»	0—11
Цех синтеза метанола	»	163—147
Цех ректификации метанола	»	13—30
Общезаводские нужды	»	160—225
Всего по производству метанола	»	2 009—2 730
<i>Производство слабой азотной кислоты (по отдельным цехам)</i>		
Цех слабой азотной кислоты при повышенном давлении	»	206
Цех слабой азотной кислоты при нормальном давлении	»	158
Общехимические нужды:		
при повышенном давлении	»	70
при нормальном давлении	»	100
Всего по производству слабой азотной кислоты:		
при повышенном давлении	»	276
при нормальном давлении	»	258
<i>Производство шин (по отдельным процессам)</i>		
Изготовление резиновой смеси	100 условных шин	1 325
Изготовление протекторов	То же	490
Сборка покрышек	»	115
Вулканизация покрышек	»	206
Подогрев резиновой смеси на вальцах	»	396
Изготовление клея	»	20
Межцеховой транспорт	»	7
Обрезание корда на каландровых линиях	1 000 м <sup>2</sup> корда	150
Изготовление автокамер	100 камер	110
Вентилизация	100 условных шин	385
Освещение	То же	130
Общезаводские нагрузки **	»	700
В целом по производству шин	»	4 300
<i>Производство резинотехнических изделий</i>		
Лента конвейерная резинотканевая	1 000 м <sup>2</sup> прокладки	69 000
Ремни плоские приводные	1 000 условных единиц	4 800
Ремни клиновидные:		
приводные	То же	2 800
вентиляторные	1 000 шт.	2 300
Рукава:		
напорные	1 000 м	2 000
спиральные	1 000 м	5 200
с металлической оплеткой	1 000 м	5 400
Формовые изделия	т	10 800
Неформовые изделия	»	5 500
<i>Электролизные производства установок электрохимии</i>		
Вода	На 1 000 м <sup>3</sup> водорода или 500 м <sup>3</sup> кислорода	4 500—6 000
Вода	На 1 кг тяжелой воды	100 000

Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Двуокись марганца	т	1 750—2 200
Красная кровяная соль	»	350
Марганцовокислый калий	»	700
Надсернистый аммоний для перекиси водорода	На 1 т H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	12 500***
Надсерная кислота для перекиси водорода	На 1 т H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	2 000—2 170
Надборноокислый натрий	т	5 500
Натрий из едкого натрия	»	11 000—12 000
Натрий из хлористого натрия	»	11 000—19 000
Озон	»	5 870—6 250
Перборат натрия	»	6 000—7 000
Тройной сплав Na—K—Pb из расплава Na <sub>2</sub> —CO <sub>3</sub> —NaCl—KCl	»	1 600—1 700
Феррицианид калия	»	400
Хлор	»	2 350—3 380
Хлорноватистоокислый натрий (для белизны)	На 1 т активного хлора	1 007—3 310
Хромовая кислота	т	3 400
<i>Производство различных видов продукции химической промышленности (по отрасли в целом)</i>		
Автопокрышки	1 000 натуральных автопокрышек	36 889
Автопокрышки	1 условная, (650×20 см)	420—620
Азот	т	11 000
Аммиак конверсионный (методом конверсии)	»	1 569—2 860
на собственном газе	»	1 750—2 010
на газе коксового завода	»	2 480—2 700
Аммиак электролитический (методом электролиза)	»	13 760—14 630
Водород	1 000 м <sup>3</sup>	5 000—5 000
Искусственное и синтетическое волокно в среднем	»	11 500—12 230
ацетатный шелк (средний номер волокна 132)	»	5 300
вискозный корд (средний номер волокна 5,3 на машинах ПН-300-МЗ)	»	4 350
вискозное штапельное полотно (для хлопчатобумажной промышленности на машинах ША-И)	»	2 000
синтетическое волокно — капрон (средний номер волокна 250)	»	17 200
центрифугальный вискозный шелк (средний номер волокна 100)	»	10 900
Каучук синтетический	»	15 000
Камфора искусственная	»	1 000—1 200
Карборунд	»	10 000—12 000
Карбид кальция	»	2 923—4 147
Капролактам	»	1 353
Каустик электролитический жидкий	»	2 750
<b>Кислота:</b>		
азотная	»	130—150
серная	»	87,1
соляная	»	10—40
уксусная	»	1 400
фосфорная	»	5 000—6 000
Кислород	1 000 м <sup>3</sup>	700—800
Краски тертые	То же	150—225
Метанол	»	965
Обувь резиновая клеевая	1 000 пар	218
Пластмассовые изделия	То же	2 823
Полихлорвиниловая смола	»	654
Полиэтилен	»	3 600
Резинотехнические изделия	Условная единица	217—300

Продолжение табл. 24-12

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Сероуглерод:		
при ретортном способе	Условная единица	298—320
при электротермическом способе	То же	1 100
Сода:		
каустическая	»	2 380—2 785
кальцинированная	»	75—88
Спирт:		
бутиловый	»	1 492
этиловый	»	980
Стекловолокно	»	5 837
Суперфосфат	»	7,7
Сульфосфат двойной	»	30—65
Фосфор электровозгонный	»	10 000—20 000
То же (в руднотермических печах)	»	12 200—13 100
Хлор	»	3 000—4 000
Хлор газ (перекачка при 2—3 кгс/см <sup>2</sup> )	»	40
Хлор жидкий (сжатие до 120 кгс/см <sup>2</sup> )	»	80—100
Целлофан в среднем	»	2 234
То же двойная пленка 45 г/кв. м	»	2 500
Щелочь электролитическая	»	2 350—2 400
Этилен в среднем	»	1 930
Этилен при производстве из:		
попутного газа	»	2 130—2 230
этановой фракции попутного газа с содержанием этана 75%	»	1 490
сухого бедного газа нефтепереработки с содержанием метана и водорода 74% по объему при непосредственной подаче на пиролиз	»	2 560
то же при предварительном фракционировании	»	2 450—2 670
сухого богатого газа нефтепереработки с содержанием метана и водорода 40% по объему при непосредственной подаче на пиролиз	»	1 770
то же при предварительном фракционировании	»	2 070—2 280
жидкой пропановой фракции	»	1 185—1 860
жидкой бутановой фракции	»	1 090—1 330
газового бензина	»	1 280—1 560
Этилен при получении на газофракционирующей установке:		
разделением газов крекинга и пиролиза методом конденсации	»	3 250
то же методом абсорбции	»	3 100
разделением газов пиролиза пропана и бутана методом конденсации	»	1 750
то же методом абсорбции	»	1 350
Этилен (полимеризация)	т	1 700—1 800
Триэтилалюминий ТЭА, методом прямого синтеза	»	2 500
То же методом двухступенчатого синтеза	»	4 540
Триизобутилалюминий (ТИБА), методом прямого синтеза	»	2 300
Диэтилалюминий монохлорид (ДЭАХ), методом двухступенчатого синтеза	»	1 545
Пропилен (полимеризация)	т	528

\* Первая цифра — для производства на природном газе, вторая — на газогенераторном газе.

\*\* К общезаводским нагрузкам относятся во-

доснабжение, выработка тепла и холода, сжатый воздух и др.

\*\*\* Постоянный ток.

**24-13. ЛЕСНАЯ, ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ  
И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

Таблица 24-13

## Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Лесная и деревообрабатывающая промышленность</b>		
Древесина (заготовка и первичная обработка)	1 т	2,5
Лесоматериалы (сушка)	м <sup>3</sup>	3,3—10,1
Пиломатериалы:		
в среднем по отрасли	»	10—20
по отдельным республикам	»	10,2—19,3
по отдельным районам	»	7,2—23,0
Пиломатериалы (сушка)	»	2,8—3,2
Древесностружечные плиты в среднем по отрасли	»	223,3
Древесноволокнистые плиты:		
в среднем по отрасли	Плита толщиной 3,5 мм, м <sup>2</sup>	2,04
по отдельным предприятиям	То же	1,7—2,09
В том числе:		
технология	»	1,62—2,0
общесеховые нужды	»	0,08—0,09
Столярные изделия в среднем по отрасли	м <sup>3</sup>	2,7—3,2
Столярные изделия оконных блоков по отдельным предприятиям	1000 м <sup>2</sup>	5 658—7 168
В том числе:		
технология	То же	5 550—6 767
общесеховые нужды	»	108—401
Столярные изделия щитовых дверей по отдельным предприятиям	1000 м <sup>2</sup>	4 688
В том числе:		
технология	То же	4 189
общесеховые нужды	»	499
Столярные изделия погонные по отдельным предприятиям	1000 м	108—194
В том числе:		
технология	То же	93—186
общесеховые нужды	»	15—8
Древесная мука по отдельным предприятиям	т	425—560
Фанера клееная в среднем по отрасли	м <sup>3</sup>	60—102
Мебель в среднем по отрасли	1 000 руб. товарной продукции	460
Паркет из пиломатериалов в среднем	м <sup>2</sup>	0,5
<b>Целлюлозно-бумажная промышленность</b>		
<i>Производство целлюлозы</i>		
<b>Целлюлоза:</b>		
по отрасли в целом	т	334,5
по отдельным комбинатам	»	184—448,8
<b>Целлюлоза по отдельным видам и технологическим операциям (в среднем):</b>		
сульфатная целлюлоза небеленая:		
марки Ж	»	270—315
в том числе:		
варка	»	270
промывка	»	65
очистка	»	35
размол отходов	»	40
сушка	»	10
марки С	»	90
в том числе:		
варка	»	300
промывка	»	65
очистка	»	35
размол отходов	»	40
дополнительное сортирование на центрифуге	»	10
сушка	»	30
дополнительное сортирование на центрифуге	»	90
сушка	»	30
марки М	»	315
в том числе:		
варка	»	65
промывка	»	35
очистка	»	40
размол отходов	»	10
повторная промывка	»	15
дополнительное сортирование на центрифуге	»	30
сушка	»	90

Продолжение табл. 24-13

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Сульфатная целлюлоза белая для бумаги	т	535
в том числе:		
варка	»	65
промывка	»	35
очистка	»	40
размол отходов	»	10
повторная промывка	»	15
дополнительное сортирование на центрифуге	»	30
отбелка	»	220
сушка	»	90
Сульфитная целлюлоза:	»	286—656
мягкая:	»	374
в том числе:		
варка	»	52
промывка	»	74
очистка	»	41
размол отходов	»	31
регенерация щелока:	»	67
выпарка	»	27
содорегенерация	»	19
каустизация	»	21
регенерация извести	»	19
сушка	»	90
средняя:	»	343
в том числе:		
варка	»	45
промывка	»	65
очистка	»	38
размол отходов	»	27
регенерация щелока:	»	60,5
выпарка	»	24
содорегенерация	»	17,5
каустизация	»	19
регенерация извести	»	17,5
сушка	»	90
жесткая:	»	286
в том числе:		
варка	»	28
промывка	»	42
очистка	»	40
размол отходов	»	15
регенерация щелока:	»	55
выпарка	»	22
содорегенерация	»	16
каустизация	»	17
регенерация извести	»	16
сушка	»	90
с повышенным выходом:	»	325,5
в том числе:		
варка	»	28
горячий размол	»	55
промывка	»	42
очистка	»	41
размол отходов	»	14
регенерация щелока:	»	48
выпарка	»	17
содорегенерация	»	12,5
каустизация	»	13,5
регенерация извести	»	12,5
сушка	»	90
высокого выхода:	»	315
в том числе:		
варка	»	27
горячий размол	»	60
промывка	»	40
очистка	»	39
размол отходов	»	14
регенерация щелока:	»	35
выпарка	»	14
содорегенерация	»	10
каустизация	»	11
регенерация извести	»	10
сушка	»	90



Продолжение табл. 24-13

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
облагороженная:	T	628
в том числе:		
варка	»	75
промывка	»	75
очистка	»	43
размол отходов	»	31
отбелка	»	240
регенерация щелока:	»	58
выпарка	»	23
содорегенерация	»	17
каустизация	»	18
регенерация извести	»	16
сушка	»	90
Полуцеллюлоза:		346
в том числе:		
варка	»	50
горячий размол	»	120
промывка	»	50
регенерация щелока:	»	30
выпарка	»	14
содорегенерация	»	7
каустизация	»	9
регенерация извести	»	6
сушка	»	90
беленая:	»	656
в том числе:		
варка	»	60
промывка	»	85
очистка	»	47
размол отходов	»	35
отбелка	»	240
регенерация щелока:	»	77
выпарка	»	31
содорегенерация	»	22
каустизация	»	24
регенерация извести	»	22
сушка	»	90
<i>Производство древесной массы (в пересчете на сухость 88%)</i>		
Древесная масса:		
по отрасли в целом	»	1146,3
по отдельным предприятиям	»	675—1271
Древесная масса по отдельным видам и технологическим операциям:		
Марки А	»	1225—1385
из древесины:		
еловой	»	1225
пихтовой	»	1385
сосновой	»	1325
осиновой	»	1385
дефибрирование	»	1100—1260
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	45
Марки Б	»	1275—1445
из древесины:		
еловой	»	1275
пихтовой	»	1445
сосновой	»	1375
осиновой	»	1445
дефибрирование	»	115—1320
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	45
Марки В	»	1200—1360
из древесины:		
еловой	»	1200
пихтовой	»	1360
сосновой	»	1290
осиновой	»	1360
дефибрирование	»	1030—1220
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	60

Продолжение табл. 24-13

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Марки Г</b>	<b>т</b>	<b>1000—1130</b>
из древесины:		
еловой	»	1000
пихтовой	»	1130
сосновой	»	1070
осиновой	»	1130
дефибрирование	»	850—980
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	70
<b>Марки Д</b>		<b>900—1010</b>
из древесины:		
еловой	»	900
пихтовой	»	1010
сосновой	»	960
осиновой	»	1010
дефибрирование	»	750—860
сгущение и очистка	»	70
рафинирование отходов	»	80
<b>Товарная обезвоженная</b>		<b>1200—1360</b>
из древесины:		
еловой	»	1200
пихтовой	»	1360
сосновой	»	1290
осиновой	»	1360
дефибрирование	»	1060—1220
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	60
<b>Бурая марки А</b>		<b>950</b>
дефибрирование	»	800
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	70
<b>Бурая марки Б</b>		<b>850</b>
дефибрирование	»	700
сгущение и очистка	»	80
рафинирование отходов	»	70
<b>Бурая марки В</b>		<b>750</b>
дефибрирование	»	600
сгущение и очистка	»	70
рафинирование отходов	»	80
<b>Химическая древесная масса</b>		<b>800</b>
дефибрирование	»	600
сгущение и очистка	»	100*
рафинирование отходов	»	100**
<b>Производство бумаги</b>		
<b>Бумага:</b>		
по отрасли в целом	»	451—617
по отдельным предприятиям	»	411—1137
<b>Бумага по отдельным видам и технологическим операциям:</b>		
газетная	»	375
в том числе:		
размол	»	15
отлив	»	355
отделка	»	5
типографская № 1	»	600
в том числе:		
размол	»	200
отлив	»	310
отделка	»	90
типографская № 1а	»	565
размол	»	165
отлив	»	310
отделка	»	90
типографская № 2	»	480
размол	»	90
отлив	»	300
отделка	»	90
литографская № 1	»	650
размол	»	240
отлив	»	310
отделка	»	90
офсетная № 1	»	540
размол	»	215
отлив	»	310
отделка	»	90

Продолжение табл. 24-13

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
офсетная № 2	т	405
размол	»	90
отлив	»	300
отделка	»	15
для глубокой печати № 1	»	635
размол	»	235
отлив	»	310
отделка	»	90
для глубокой печати № 2	»	475
размол	»	85
отлив	»	300
отделка	»	90
электроизоляционная 4 мк	»	40 000
размол	»	14 000
отлив	»	16 000
отделка	»	10 000
то же 8 мк.	»	10 000
размол	»	3 500
отлив	»	4 000
отделка	»	2 500
то же 10 мк	»	8 500
размол	»	3 000
отлив	»	3 400
отделка	»	2 100
то же К-08, К-12, К-17, КБ-08, КБ-12, КБ-17	»	700
размол	»	380
отлив	»	315
отделка	»	5
то же КВУ-075	»	880
размол	»	485
отлив	»	315
отделка	»	80
то же КВ-0,75, КВ-125, КВ-175	»	750
размол	»	430
отлив	»	315
отделка	»	5
писчая № 1	»	675
размол	»	260
отлив	»	325
отделка	»	90
писчая № 2	»	500
размол	»	100
отлив	»	310
отделка	»	90
оберточная сульфатная односторонней гладкости 20—50 г/м <sup>2</sup>	»	700
размол	»	295
отлив	»	390
отделка	»	15
упаковочная из отходов	»	300
мешочная	»	600
размол	»	250
отлив	»	345
отделка	»	5
<b>Производство картона</b>		
Картон:		
по отраслям в целом	»	274—522
по отдельным предприятиям	»	100—888
Картон по отдельным видам и технологическим операциям:		
при выработке на длинносеточной машине		
наружный из целлюлозы высокого выхода	»	465
размол	»	210
отлив	»	250
отделка	»	5
основа для гофры из целлюлозы высокого выхода	»	550
размол	»	275
отлив	»	270
отделка	»	5
то же из полуцеллюлозы	»	535
размол	»	325
отлив	»	205
отделка	»	5
при выработке на круглосуточной многонцидровой машине:		
коробочный двусторонней гладкости марки А	»	335
размол	»	110
отлив	»	210
отделка	»	15

Продолжение табл. 24-13

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
коробочный односторонней гладкости	т	335
размол	»	110
отлив	»	210
отделка	»	15
переплетенный трехслойный марки В	»	325
размол	»	100
отлив	»	210
отделка	»	15
тарный макулатурный	»	360
размол	»	150
отлив	»	205
отделка	»	5

\* Включая химическую обработку.

\*\* Включая дополнительное рафинирование всей древесной смолы.

## 24-14. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬСТВО

Таблица 24-14

### Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Промышленность строительных материалов</b>		
<i>Производство цемента</i>		
Цемент:		
по отрасли в целом	т	90—111
по отдельным предприятиям	»	40,6—250
Цемент по отдельным маркам, способу производства и виду топлива:		
портландцемент, шлакопортландцемент:		
способ производства:		
мокрый при топливе:		
газ	»	70—99
уголь	»	93—115
мазут	»	90—120
сухой при топливе:		
газ	»	115—118
уголь	»	108
пуццолановый тампонажный цемент:		
способ производства мокрый при топливе:		
газ	»	71—89
уголь	»	115—127
Глиноземистый цемент		1500
<i>Производство кирпича, шифера</i>		
Красный кирпич по отрасли в целом	1000 шт. годного	71
Силикатный кирпич по отрасли в целом	То же	30
Кирпич по отдельным экономическим районам	1000 шт. годного	38,1—80
Шифер:		
в среднем по отрасли	1000 усл. плиток	40—58,7
по отдельным экономическим районам	То же	36,4—79,6
<i>Производство стекла</i>		
Стекло листовое:		
в среднем по отрасли	т	56—79
по отдельным предприятиям	»	52—69,8
Стекло полированное:		
по отрасли в целом	м <sup>2</sup>	25,4
по отдельным предприятиям	»	16,1—38,4
<i>Разная продукция (в среднем)</i>		
Стекловолокно	т	350—400
Минеральная вата	»	63,8
Минеральная пробка	м <sup>3</sup>	64,7
Войлок	т	500
Гипс (размол и обжиг)	»	18—32
Известь (обжиг)	»	12—34

Продолжение табл. 24-14

Наименование отрасли, промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Асбест	т	350—400
Асбестовые трубы (в пересчете на условный диаметр 200 мм)	Усл. км	1729,4
Асбоскорлупа	м³	103—112
Асбоцементные плиты	»	37—40
Совелитовые плиты	»	84—120
Жесткие плиты	»	60—88
Полужесткие плиты	»	60—76
Мягкая кровля	»	194—210
Кирпич:		
красный сухого прессования	1000 шт. годного	58—128
силикатный	То же	22—42
шлаковый	1000 шт.	18—22
диатомитовый	м³	16—21
трепельный	»	34—40
Кислотоупорные изделия	т	80,6
Строительный фаянс	»	316,2
Облицовочные плиты и блоки	м²	19,9
Облицовочные глазированные плитки	»	8,4
Метлахские плитки	»	2,3
Шамотные изделия	т	70
Динасовые изделия	»	65
Магнезитовые изделия	»	70
Фарфор	»	250—600
Деревянные стройдетали	м³	50—65
Маты из синтетических смол	»	8—8,5
<b>Строительная промышленность</b>		
<i>Производство железобетонных конструкций и изделий</i>		
<b>Железобетонные конструкции и изделия:</b>		
по отрасли в целом	»	22—44
по отдельным строительным министерствам и управлениям	»	16,7—40
по отдельным предприятиям:		
механизированные заводы производительностью:		
15 тыс. м³/год	»	26—29
20 тыс. м³/год	»	56—62
40 тыс. м³/год	»	110
полигоны и маломеханизированные заводы	»	14—18
Железобетонные изделия из легкого керамзита (на заводах производительностью 120 тыс. м³/год)	»	31
Армоконструкции для блоков гидротехнических сооружений (арматурные заводы)	т	45—60
Армопенбетонные плиты (с пропаркой)	м²	16—19
<i>Строительно-монтажные работы (в среднем)</i>		
<b>Строительно-монтажные работы:</b>		
по отрасли в целом	1000 руб.	140—364
по отдельным республикам	»	117—369
<b>Производство бетона и раствора:</b>		
в передвижных бетономешалках	м³	3,9—4,3
на автоматизированных бетонных заводах	»	9—12,6
Производство ячеистых бетонов	»	32
Производство пенобетона с пропаркой	»	14—16
Производство струнубетонных балок	»	19—21
Укладка бетона в блоки гидросооружений, включая электрический обогрев	»	2,5—10
Производство шлакоблоков	1000 шт. усл. кирпича	16—18,5
Производство извести (обжиг, дробление, хранение)	т	94
Производство строительного гипса (размол, транспортировка, обезвоживание, помол, подсушка, складирование)	»	55
Производство гипсовых изделий (с искусственной сушкой)	м³	9—14
Производство местных вяжущих средств	т	38—40
Производство металлоконструкций (в мастерских строительно-монтажных организаций)	1000 руб.	94—104
Производство арматуры	т	21—24
Заготовка штучной арматуры	»	16
Изготовление поковок	»	25—30
Монтаж металлоконструкций (включая сварку, резку, гнутье и клепку)	»	11—12
Монтаж армоконструкций в блоках гидротехнических сооружений	»	17—24
Добыча бутового камня	м³	4,2—5,0
Добыча песка и гравия карьерными экскаваторами	»	3,8—6,3
Производство щебня:		
с добычей камня	»	7,9—9,2
на камнедробильных заводах	»	2,9

Продолжение табл. 24-14

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Изготовление заполнителей:		
дробление камня на щековых дробилках (при длине загрузочного отверстия 400—1500 м)	м <sup>3</sup> продукции	0,8—2
дробление камня на молотковых дробилках	—	1,8
промывка гравия в цилиндрических гравиемойках	—	0,1—0,25
промывка песка на щековых пескомойках	—	0,3
Гидромеханизация на вскрышных работах для добычи строительных материалов гидромониторами и плавучими земснарядами для категорий грунтов:		
II	м <sup>3</sup>	3,0
III	»	3,6
IV	»	6,0
V	»	8,0
Станки ударно-канатного бурения	пог. м	3—6
Передвижные воздушные компрессорные для строительных нужд	м <sup>3</sup>	0,11
Кислородные станции производительностью 5—9 м <sup>3</sup> /ч	»	6,5
Бетононасосы	»	1,21
Вакуумирование бетона	»	0,04
Вибраторы глубинные	»	0,04—0,06
Виброхоботы	»	0,031—0,056
Лесопиление	»	8,9—9,2
Краны различных видов:		
портально-стреловые грузоподъемностью 10/7,5 тс	Машинослена	310
башенные грузоподъемностью 25/10 тс на гусеничном ходу грузоподъемностью, тс:	»	240
10/2,6	»	47
15/3,5	»	75
20/4,3	»	118
25	»	234
Электрический обогрев грунта (при температуре грунта —15 °С)	м <sup>3</sup>	30
Электрический обогрев поверхностей бетона	»	2,4
Электрический обогрев замерзших трубопроводов (диаметром 1½"—3" при мощности 10 кВт)	100 пог. м	100—150
Электрический прогрев кирпичной кладки:		
столбы, простенки	м <sup>3</sup>	55
свод двойной кривизны	»	165
Грунт при промывке плотин при среднем напоре 50 м:		
из песчаных грунтов	»	3—5
из суглинистых грунтов	»	4—9

## 24-15. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-15

## Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Текстильная промышленность		
Хлопчатобумажное производство		
а) Кручение хлопчатобумажных нитей		
Крутка хлопчатобумажных нитей:		
в среднем по отрасли	Тонно-номер	39,4
по отдельным экономическим районам	»	20,7—67,1
б) Прядение хлопчатобумажное		
Пряжа хлопчатобумажная:		
в среднем по отрасли	»	48,8
по отдельным экономическим районам	»	36,7—100,9
в) Производство хлопчатобумажных тканей		
Ткань хлопчатобумажная:		
в среднем по отрасли	Миллион уточин	74,5
по отдельным экономическим районам	»	58,2—289,8
г) Отделка и крашение тканей		
Ткань:		
в среднем по отрасли	т	365,6
по отдельным экономическим районам	»	111,2—2626,9

Продолжение табл. 24-15

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Производство шерстяных тканей</b>		
Шерстяные ткани:		
в среднем по отрасли	т	3206,5
по отдельным экономическим районам	»	1366,2—7657,2
<b>Шелковое производство</b>		
Шелковые ткани:		
в среднем по отрасли	1000 м	150—500
по отдельным экономическим районам	То же	300—640
<b>Производство нетканых материалов</b>		
Материал нетканый в среднем по отрасли	»	300
<b>Льняное производство</b>		
а) Прядение льна		
Пряжа льняная:		
в среднем по отрасли	Тонно-номер	198
по отдельным экономическим районам	»	64,1—349,1
б) Производство льняных тканей		
Ткани льняные:		
в среднем по отрасли	Миллион уточин	183,6
по отдельным экономическим районам	То же	115,2—818,2
<b>Кордное производство</b>		
а) Прядение корда		
Пряжа кордная:		
в среднем по отрасли	Тонно-номер	46,5
по отдельным экономическим районам	»	43,8—58,9
б) Кручение кордных нитей		
Крутка кордных нитей по отдельным экономическим районам	»	324,1—777,0
в) Производство кордных тканей		
Ткань кордная по отдельным экономическим районам	Миллион уточин	188,8—212,8
<b>Производство искусственных и синтетических волокон</b>		
Волокно:		
в среднем по отрасли	т	5202
по отдельным экономическим районам	»	1235,1—14541,4
Штапель вискозный:		
в среднем по отрасли	»	1993,4
по отдельным экономическим районам	»	1219,3—8061,5
Штапель из отходов в среднем	»	1100
Корд вискозный:		
в среднем по отрасли	»	5540
по отдельным экономическим районам	»	2521,3—4532,6
Шелк вискозный:		
в среднем по отрасли	»	8775,2
по отдельным экономическим районам	»	2812,6—12237,9
Шелк капрон		
в среднем по отрасли	»	14 187
по отдельным экономическим районам	»	7693,8—9831,4
Шелк ацетатный в среднем	»	5922,5
Шелк триацетатный в среднем	»	10106,3
Шелк хлориновый в среднем	»	1997,1
<b>Производство хлопковолокна</b>		
Хлопковолокно:		
в среднем по отрасли	»	145,5
по отдельным экономическим районам	»	112,7—323,6
<b>Обувная, кожевенная и меховая промышленность</b>		
<b>Производство кожаной и резиновой обуви</b>		
Обувь кожаная и резиновая:		
в среднем по отрасли	1000 пар	543,6
по отдельным экономическим районам	То же	232,2—1379,1
в том числе в среднем по видам обуви:		
обувь кожаная	»	412—583
обувь резиновая клеевая	»	872—1289
обувь пластичная	»	700—800
<b>Производство кожи</b>		
Кожа жесткая:		
в среднем по отрасли	т	312—660
по отдельным экономическим районам	»	369—659,7
Хром в среднем	тыс. дм <sup>2</sup>	18,5

Продолжение табл. 24-15

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<i>Производство резины</i>		
Резина в среднем	т	556
Резина подошвенная сырая в среднем	»	154
<i>Меховое производство</i>		
Овчина выделанная в среднем	»	207
Овчина меховая, выделанная под выдру, в среднем	»	490

## 24-16. ПИЩЕВАЯ И МЯСО-МОЛОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-16

## Удельные расходы электроэнергии

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<b>Пищевая промышленность</b>		
<i>Производство муки и крупы</i>		
Мука и крупа (всех сортов):		
в среднем по отрасли	т	34—51
по отдельным республикам	»	36,9—58
в том числе:		
мука ржаная обойная	»	24
мука пшеничная обойная	»	22,6
мука сортовая	»	59,1
пшено	»	24,6—35
гречневая крупа (ядрица и продел)	»	29,9
овсяная крупа	»	56
перловая крупа (№ 15)	»	144
рисовая крупа	»	56,5
гороховая крупа	»	34,4
полтавская крупа	»	125
кукурузная крупа (№ 1—5)	»	135
Комбикорм (в среднем)	»	10—25
<i>Производство макаронных изделий</i>		
Макаронные изделия:		
в среднем по отрасли	»	100
по отдельным технологическим процессам:		
замес в тестомесилках ХТУ	на 1 т муки	4—6
увлажнение муки в шнековых тестомесителях	То же	1—1,5
проминка и вальцовка теста	на 1 т теста	2—4
полная обработка теста от смесителя до формовки сырых изделий	То же	15—20
прессование вермишели на шнековом прессе	»	17,8—24,2
прессование макарон на шнековом прессе	»	33,7
вентиляторные сушилки без калориферов	на 1 т готовой продукции	14—22
вентиляторные сушилки с калориферами:		
лапша, вермишель	То же	30—48
макароны	»	до 100
<i>Производство сахарного песка и сахара рафинада</i>		
Сахарный песок:		
в среднем по отрасли	на 1 ц переработанной свеклы	3,0
по отдельным районам	То же	2,3—10,2
Сахар рафинад:		
в среднем по отрасли	ц	5,6
по отдельным районам	»	3,4—6,7
<i>Производство масла растительного</i>		
Масло растительное:		
в среднем по отрасли	т	173,9
по отдельным районам	»	105—331
Масло подсолнечное в среднем	»	146
Масло хлопковое в среднем	»	134



Продолжение табл. 24-16

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
<i>Спиртовое производство (в среднем по отрасли)</i>		
Спирт-сырец	1000 дкл	1,2
Спирт-ректификат	То же	0,131
Спирт гидролизный	»	7000—14000
Растворители	»	445
Сухая барда	»	234
Водка и водочные изделия	»	0,136
Углекислота	»	192
Дрожжи	т	657,3
<i>Рыбная промышленность (в среднем по отрасли)</i>		
Рыба горячего копчения	»	35,7
Консервы рыбные	1000 усл. банок	18—22,6
Жир медицинский	ц	11,4
Холод	ккал	0,61
Бочки (изготовление)	бочко-центнер	4,27
Банки жестяные (изготовление)	1000 банок	5,31
Ящики (изготовление)	м <sup>3</sup>	30
Сети (изготовление):		
пряжение	т	200
кручение	»	300
<i>Разная продукция (в среднем)</i>		
Виноград переработанный	т	71
Шампанское	1000 дкл	530
Витамин и аскорбиновая кислота	т	23
Лимонная кислота	»	1370
Крахмалопродукты	»	258
Солод	»	105
Пиво	100 л	8,32
Квас бутылочный	То же	4,47
Лимонад	»	4,47
Сироп	»	0,42
Хлебулочные изделия	т	5,2
Мороженое	»	32
Чай плиточный	»	178
Чай байховый	»	43
Папиросы	млн. шт.	472
Мыло	т	8,4
<i>Мясо-молочная промышленность</i>		
<i>Производство мяса и мясной продукции (мясная промышленность)</i>		
<i>Мясо:</i>		
в среднем по отрасли	»	55,0
по отдельным районам	»	34,4—65,4
Колбасные изделия в среднем по отрасли	»	79,8
Консервы мясные в среднем по отрасли	1000 усл. банок	25,9—26,8
Мясо фасованное в среднем	т	16,1—17,5
Полуфабрикаты мясные в среднем	»	7,5—8,0
Котлеты мясные в среднем	1000 шт.	2,67—4,0
Пельмени в среднем	т	40
Сухой корм в среднем	»	61
Альбумин в среднем	»	790—1000
Клей всех видов в среднем	»	145—280
Желатин всех видов в среднем	»	1480—2400
Холод в среднем по отрасли	ккал	0,52
<i>Молочномаслодельное производство</i>		
Масло животное в среднем по отрасли	т	96,6
В том числе:		
на заводах с суточной производительностью 2—5 т	»	60—70
на линиях поточного производства	»	26—32
Маргарин в среднем по отрасли	»	52,7
Глицерин в среднем по отрасли	»	42,4
Саломас в среднем по отрасли	»	35,0
Сыр разных сортов в среднем	»	60,0
Сыр голландский и советский в среднем:		
на заводах с суточной производительностью		
до 2 т	»	100—110
от 2 до 10 т	»	85—95
Сыр плавленый в среднем	»	35
Казеин в среднем	»	30—50
Молоко пастеризованное фляжное в среднем:		
на заводах с суточной производительностью		
до 5 т	»	8—10
от 5 до 10 т	»	6—8

Продолжение табл. 24-16

Наименование отрасли промышленности, производства, цеха, отделения и вида продукции	Единица измерения продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт·ч
Сухое молоко в среднем	т	318
Сгущенное молоко в среднем	1000 усл. банок	51
Молоко пастеризованное в бутылках <sup>1</sup> в среднем	т	22—24
Кефир в бутылках <sup>1</sup> в среднем	т	27—30
Сливки в бутылках <sup>1</sup> в среднем	т	50—52
Творог 20%-ной жирности в среднем:		
в кадках	т	50—58
в пакетах весом 0,5 кг	т	73—75
Творог 9%-ной жирности в среднем	т	31—32
Творожная масса в среднем	т	45—48
Сырки творожные весом 100 г	т	49—50
<i>Предприятия лично-птичного производства</i>		
Птица в среднем	1000 шт.	228
В том числе:		
инкубация	1000 шт.	124
выращивание	1000 шт.	104
Птица (переработка) в среднем	т	54,5
Яйцо диетическое	1000 шт.	58
Яичный порошок	т	350
<i>Электротехнические установки пищевой и мясо-молочной промышленности</i>		
Электроконтактная заварка муки	1 т муки	25,2—26,4
Электроконтактная выпечка пшеничного хлеба	1 т продукции	30
Электронастеризация током высокой частоты:		
прямого действия	л	0,04—0,06
косвенного действия с подогревом аппаратов	т	0,07—0,09
Электропечи сопротивления для выпечки хлеба	1 т продукции	250—300
Электронастеризация консервов током высокой частоты	То же	300—500
Высокочастотная сушка зерна, крупы, чая	на 1 кг влаги	3
Электростатическое копчение в поле 20—60 кВ	1 кг мяса	0,5—0,6
Инфракрасная выпечка хлеба (мощности печей 31,5—270 кВт)	1 кг хлеба	0,3—0,5

<sup>1</sup> Емкостью 0,5 л.

## В. ПРОЧИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

### 24-17. ЧЕРНАЯ И ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Годовое число часов работы отдельных потребителей электроэнергии

Таблица 24-17

Наименование производства, цеха, отделения, установки или потребителей электроэнергии	Годовое число часов работы $T_{г, ч}$	Наименование производства, цеха, отделения, установки или потребителей электроэнергии	Годовое число часов работы $T_{г, ч}$
<i>Черная металлургия</i>			
Коксохимический цех с углемойкой, но без сероочистки, на 4 батареях	8000	В том числе:	
В том числе углеподготовка:		главный привод блюминга	6000—7000
с углеобогащением,	8000	механизмы и краны	6000—7000
флотацией и механизированным складом без углеобогащения, но с механизированным складом	8000	Прокатные цехи:	
Цех улавливания:		рельсобалочный стан	6500
сульфатное отделение	8000	заготовочный стан 900	6000
бензолное отделение	8000	трубопрокатный стан (агрегат Штифеля) 130—360 мм	6500
отделение конденсации газа	8000	толсто- и среднелистовой стан	6000
смолоперегонный цех	8000	полосовой стан 1100—1500	5500—6500
Доменный цех, в том числе:		полосовой стан 1524	6000—6500
система загрузки	8000	тонколистовой стан с отжигом	6000—6500
рудный двор	8000	сутуночный стан	5000—6500
Мартеновский цех:		штриповый стан	5000—6500
с котлами-утилизаторами	7500	сортовой стан 300	5000—6500
без котлов-утилизаторов	7500	мелкосортные и проволочные станы	5000—6500
Обжиговый цех	6000—7000	станы холодной прокатки	5000—6500
		жесткатальный стан	5000—6500
		Ремонтные и вспомогательные цехи	1500—2000
		Краны, нагревательные печи станом горячей прокатки	5000—6500

Таблица 24-18

## Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$
Черная металлургия		Смесительные и формовочные отделения, насосно-аккумуляторные станции, отделения минерализаторов	2300—7500
Предприятия черной металлургии (в среднем)		Сушильно-печные отделения	4000—7500
Коксохимическое производство	6500	Склады готовых изделий	1500—4500
Доменное производство	5000	Отгрузочные бункера, отделения сульфитно-спиртовой барды, отделения обогащения и разделки лома, склады смолы	1500—4500
Мартеновское производство	7000	Отделение электропечей для плавки огнеупоров	1500—4500
Ферросплавное производство	5800	Отделение термомеханических испытаний	1500—4500
Транспортеры, элеваторы, питатели, газодувки	5700	Отделения шлифовальные, резки огнеупоров, адьюстажные, копровые	1500—4500
Насосы, дымососы	5700	Приводные станции подвесных канатных дорог, котлы-утилизаторы	2500—5500
Краны	6000	Зарядные, аккумуляторные, ремонтные мастерские и другие сооружения, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категории	1500—4500
Механизмы открывания фрамуг	700	Маслостанции привода	4000—7800
Сантехвентиляция	6000	Общезаводские установки и подсобные цехи (при трехсменной работе)	
Вспомогательные механизмы печей	6000	Насосные	4400
Очистные барабаны	4000	Компрессорные	4100
Дробилки, грохоты	6000	Котельные	8500
Электрические печи мощностью 16,5 мВ·А	8500	Газогенераторные	4100
Электрические печи мощностью 3,5 мВ·А	8500	Установки защитного газа	1300
Метизная промышленность		Механические мастерские	3600
Основные производства:		Цветная металлургия	
при трехсменной работе	5000	Предприятия цветной металлургии (в среднем)	7000—7450
при двухсменной работе	3000	Алюминиевые заводы	8100—8500
при односменной работе	1500		
Производство огнеупоров <sup>1</sup>			
Склады сырья открытые и закрытые, приемные устройства для сырья и полуфабрикатов, дробильные, помольные и глиносушильные отделения	2300—6300		
Отделения вращающихся и шахтных печей, пылеулавливающие устройства, брикетные отделения, дымососные станции печей	4000—7800		

<sup>1</sup> Верхние пределы годового числа часов использования максимума активной нагрузки отно-

сятся к трехсменной работе, нижние пределы — к односменной работе.

Таблица 24-19

Приближенные значения годового коэффициента сменности по энергоиспользованию активной мощности ( $K_{с.э}$ )<sup>1</sup>

Наименование производства, завода, цеха или потребителей электроэнергии	Годовой коэффициент сменности по энергоиспользованию $K_{с.э}$	Наименование производства, завода, цеха или потребителей электроэнергии	Годовой коэффициент сменности по энергоиспользованию $K_{с.э}$
Черная металлургия		Цветная металлургия	
Заводы черной металлургии (в среднем)	0,70—0,75	Алюминиевые заводы	0,95
Доменные цехи	0,65	Цинковые, магниевые, электролитные заводы	0,92
Мартеновские цехи	0,75	Глиноземные заводы	0,85
Прокатные цехи	0,65	Медеплавильные и никель-кобальтовые заводы	0,85
Коксохимические заводы и цехи	0,82	Вспомогательные цехи	0,55
Вспомогательные цехи	0,55		

<sup>1</sup> Для предприятий, работающих в три смены.

## 24-18. ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ И ТОПЛИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-20

Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M^*}$ ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M^*}$ ч
Горнорудная промышленность (в среднем)	5000	Разрезы, работающие круглый год в блоке с электростанцией, при:	
Обогатительные и агломерационные фабрики		б) 4 сменах по 6 ч	4700—5100
Корпус крупного и мелкого дробления:		Разрезы, оборудованные машинами непрерывного действия, при:	
дробилки	4000	а) 3 сменах по 7 ч	4700—5100
прочие технологические машины	5300	б) 4 сменах по 6 ч	5000—5500
Цехи с непрерывным технологическим процессом:		Разрезы, работающие 300 рабочих дней в году при непрерывной неделе:	
аглоэкстауртеры	7500	а) 3 смены по 7 ч	3200—3600
прочие технологические установки и машины	7000	б) 4 смены по 6 ч	3500—4000
Прочие производственные корпуса	5300	Шахты с пологими пластами	3500—4000
Вспомогательные объекты	2600	Шахты с круглыми пластами	3700—4200
Угельная промышленность		Установки гидромеханизации	2700—3000
Разрезы, работающие круглый год в блоке с электростанцией, при:		Нефтеперерабатывающие заводы	6000—8000
а) 3 сменах по 7 ч	4300—4600		

Таблица 24-21

Приближенные значения годового коэффициента сменности по энергоиспользованию активной мощности  $K_{с.э}$ 

Наименование производства, завода (фабрики), цеха или потребителей электроэнергии	Годовой коэффициент сменности по энергоиспользованию $K_{с.э}$
Обогатительные и агломерационные фабрики черной металлургии	0,75
Обогатительные и агломерационные фабрики цветной металлургии	0,75

## 24-19. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ, МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-22

Ориентировочные удельные плотности нагрузок на 1 м<sup>2</sup> полезной площади производственных зданий

Наименование цеха, корпуса, завода	Плотность нагрузки, Вт/м <sup>2</sup>		Наименование цеха, корпуса, завода	Плотность нагрузки, Вт/м <sup>2</sup>	
	силовой	осветительной при лампах накаливания		силовой	осветительной при лампах накаливания
Литейные и плавильные цехи	230—370	12—19	Блоки вспомогательных цехов	260—300	17—18
Термообрубные и скрапоразделочные цехи	260—280	12—19	Инженерные корпуса	270—330	16—20
Механические и сборочные цехи	300—580	11—16	Центральные заводские лаборатории	130—290	20—27
Механосборочные цехи	280—390	12—19	Заводы горно-шахтного оборудования	400—420	10—13
Электросварочные и термические цехи	300—600	13—15	Заводы бурового оборудования и гидрооборудования	260—330	14—15
Цехи металлоконструкций	350—390	11—13	Заводы краностроения	330—350	10—11
Инструментальные цехи	330—560	15—16	Заводы нефтеаппаратуры	220—270	17—18
Деревообрабатывающие и модельные цехи	75—140	15—18			

Таблица 24-23

## Годовое число часов использования максимума нагрузки

Наименование производства, предприятия	Годовое число часов использования максимума нагрузки		Наименование производства, предприятия	Годовое число часов использования максимума нагрузки	
	$T_m$ активной, ч	$T_{mp}$ реактивной, ч		$T_m$ активной, ч	$T_{mp}$ реактивной, ч
Машиностроительные предприятия в среднем	4400	—	Автомонтажные заводы	4370	3200
В том числе при работе:			Вагоноремонтные заводы	3560	3660
односменной	1600*	—	Заводы подъемно-транспортного оборудования	3330	3880
двухсменной	3200*	—	Приборостроение (заводы лабораторных, оптико-механических и электроизмерительных приборов)	3080	3180
трехсменной	4700*	—	Электротехнические заводы	4280	6420
Заводы тяжелого машиностроения	3770	4840	Электроламповые заводы	4700	—
Заводы станкостроения	4345	4750	Заводы силовых полупроводниковых преобразователей	4000—2000**	—
Инструментальные заводы	4140	4960	Разные металлообрабатывающие заводы	4355	5880
Заводы шарикоподшипников	5300	6130			
Автомоторные заводы	4960	5240			
Сельскохозяйственное машиностроение	5330	4220			

\* При определении числа часов использования максимума низковольтных реактивных нагрузок указанные данные необходимо увеличить на 10%.

\*\* Верхние пределы годового числа часов использования максимума активной нагрузки относятся к двухсменной работе, нижние пределы — к односменной работе.

Таблица 24-24

Приближенные значения годового коэффициента сменности по энергоиспользованию активной мощности  $K_{с.э}$ 

Наименование производства, завода, цеха или потребителей электроэнергии	Годовой коэффициент сменности по энергоиспользованию $K_{с.э}$
Заводы тяжелого машиностроения (при трехсменной работе)	0,65

## 24-20. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-25

## Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_m$ , ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_m$ , ч
<i>Химическая промышленность (в среднем)</i>	6200—8000	Прядильный цех	7500
<i>Азотно-туковые заводы</i>	7000—8000	Отделочный цех	7500
<i>Анилинокрасочные заводы</i>	7100	Бобинажно-перемоточный цех	7600
<i>Заводы искусственного и синтетического волокна:</i>		<i>Штапельное производство</i>	
<i>Капроновое производство</i>		Химический цех	7400
Химический цех	7000	Прядильно-отделочный цех	7600
Прядильный цех	7500	<i>Производство ацетатного шелка</i>	
Крутильный цех	7500	Химический цех	6000
Отделочный цех	7200	Прядильный цех	7000
Бобинажно-перемоточный цех	7300	Крутильный цех	7500
Цех регенерации отходов	7100	Цех регенерации ацетона	7500
<i>Кордное производство</i>		Водонасосная	7500
Химический цех	7600	<i>Производство полиэтлена низкого давления, высокой плотности</i>	
Прядильный цех	7500	Цех очистки этилена	8000
Крутильный цех	7200	Цех полимеризации	7500
Ткацкий цех	7800	Цех дистилляции и очистки азота	8000
<i>Производство центрифугального шелка</i>		Цех грануляции	7500
Химический цех	7600	Цех катализации	8000

Продолжение табл. 24-25

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M, ч}$	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M, ч}$
Цех легковоспламеняющихся жидкостей	7500	То же (низковольтное оборудование)	6700
<i>Производство слабой азотной кислоты</i>		Сборочный цех (низковольтное оборудование)	5000
Цех слабой азотной кислоты при повышенном давлении	7800	Цех каландров (высоковольтное оборудование)	6500
То же при нормальном давлении	7800	То же (низковольтное оборудование)	6400
<i>Производство аммиака и метана</i>		Автокамерный цех (высоковольтное оборудование)	6500
Цех разделения воздуха	7300	То же (низковольтное оборудование)	6500
Газовый цех (на природном газе)	8000	Цех вулканизации (низковольтное оборудование)	7000
Газовый цех (на газогенераторном газе)	8000	<i>Заводы резинотехнических изделий</i>	
Цех холодильных установок	7300	Цех производства транспортных лент и приводных ремней, высоковольтные двигатели	5500
Цех компрессии	7600	То же низковольтные двигатели	5000
Цех моноэтачолоаминовой очистки	7700	Цех производства формовой техники (без учета электропрессов)	6500
Цех синтеза аммиака	7600	То же (с учетом электропрессов)	6000
Цех синтеза метанола	7800	Подготовительный цех	5000
Цех водной очистки	7600	Цех спецланггов, включая цех бездорновых рукавов	6000
Цех медно-аммиачной очистки	6500	Цех спиральных и буровых рукавов	6500
Цех сероочистки	7500	Цех напорных рукавов	6000
Цех конверсии окиси углерода	7800	Цех клиновидных ремней	6500
Цех ректификации метанола	6500		
<i>Шинные заводы</i>			
Подготовительный цех (высоковольтное оборудование)	6500		

## 24-21. ЛЕСНАЯ, ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-26

### Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M, ч}$	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_{M, ч}$
<i>Бумажная промышленность (в среднем)</i>	5500	Тракт подачи балансов от древесно-подготовительного цеха к древесномассному заводу	6000
<i>Деревообрабатывающая промышленность (в среднем)</i>	2500	Биржа балансов кучевого хранения	2200—2300
<i>Производство строительных и столярных изделий<sup>1</sup></i>		Надбункерная эстакада варочного цеха	6000
Цех оконных блоков:		Шлифовальный цех:	
отделение раскроя	3300	станочное оборудование	4000
машиннозаготовительное и сборочное отделения	3600	крановое оборудование	1500
Цех погонажа	3000	Склад тарных химикатов (подъемно-транспортное оборудование)	1500
Сушильное отделение	3800	Подъемно-транспортное оборудование варочного, очистного промывного и отбельного цехов сульфатцеллюлозного производства	1500
<i>Целлюлозно-бумажная промышленность (объекты вспомогательного производства)<sup>2</sup></i>		Транспортные устройства цеха каустизации и регенерации извести	6000
Распиловочно-окорочный узел	2300—3500		
Древесноподготовительный цех	2200—4500	Зал картоно- и бумагосушильной машины:	
Приемники напряжением:		крановое оборудование	1500
до 1000 В	2200—4500	транспортное оборудование	3000
выше 1000 В	2200 (2300)—4500		
Склад щепы	2500—3500		
Открытый склад коры	1500—3500		
Приемное устройство для привозной щепы	3000		

Продолжение табл. 24-26

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_m$ , ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_m$ , ч
Гидролизно-фуруфурольное производство	6000	варочного, промывного и отбелочного цехов производства сульфатной целлюлозы	7200
Гидролизно-дрожжевой завод	5000	шлифовального цеха	2000
Склад щепы, коры и древесных отходов	3500	цеха разводки химикатов и скребковых ловушек	7200
Склад жидкого хлора с испарительной станцией	1000	цеха приготовления покровной массы и склада химикатов	5000
Склад сульфата	2000	цеха каустизации и регенерации извести, машинных залов и выпарного цеха	7200
Склад жидкого каустика	1000	картоноделательной, свильной и бумагоделательной машины	7000
Кислотный цех со складом серы	6000	цеха белильных растворов и картонной фабрики	6500
Склад известкового камня, дробильная установка и подача известкового камня	1000	Складское хозяйство и прочие мелкие вспомогательные объекты	2000
Склад масел и горючего	1500	Заводоуправление	2500
Станция умягчения воды	7500	Столовые, пожарное депо	1000
Вентиляционные установки основных и вспомогательных цехов целлюлозно-картонного производства:			
распиловочно-окорочного и древесно-подготовительного цехов и древесномассного завода	7200		

<sup>1</sup> По данным обследования ряда деревообрабатывающих комбинатов.

<sup>2</sup> Годовое число часов использования максиму-

ма активной мощности изменяется в указанных пределах в зависимости от числа рабочих дней в году и числа часов работы предприятия в сутки.

Таблица 24-27

## Годовое число часов работы отдельных потребителей электроэнергии

Наименование производства, цеха, отделения, установки или потребителей электроэнергии	Годовое число часов работы $T_r$ , ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или потребителей электроэнергии	Годовое число часов работы $T_r$ , ч
Производство пиломатериалов <sup>1</sup>		Сушка беленой сульфатной целлюлозы	7935
Рейд	1060	Скребковые ловушки для бумаги и картона	7935
Склад круглого леса	6500—6700	Распиловочно-подготовительный узел	3150—4725
Приемный бассейн	5000	Древесноподготовительный цех	2730—7245
Лесоцех с арплотцадкой	4000	Биржа балансов кучевого хранения	2730—3150
Пакетоформирование	6800	Склад коры, щепы и древесных отходов	3600—8280
Сушилка пиломатериалов	4500—6500	Открытый склад коры	2415
Склад пиломатериалов	4500	Приемное устройство для привозной щепы	4830
Отгрузка	3800	Тракт подачи балансов от древесноподготовительного цеха к древесномассному заводу	8280
Целлюлозно-бумажное производство <sup>2</sup> (основные и вспомогательные объекты)		Шлифовальный цех	2448
Блок сульфат-целлюлозных заводов	8280	Склады жидкого каустика, сульфата масел и горючего	8280
Блок каустизации и регенерации извести	8280	Склад известкового камня, дробильная установка и подача известкового камня	2415
Отбелный цех	8280	Кислотный цех со складом серы	8280
Древесномассный завод	8177—8280	Склад жидкого хлора с испарительной станцией	8280
Производство пищевого картона	5957	Гидролизно-фуруфурольное производство	8280
Производство мелованного картона	1978	Станция умягчения воды	8280
Картоноделательная машина	7935	Гидролизно-дрожжевой завод	8280
Приготовление покровной массы	7935		
Производство бумаги:			
типографской № 2	4657,5		
основы для мелования	3105		
Бумагоделательная машина	7762,5		
Машина для мелования	7762,5		

<sup>1</sup> По данным обследования ряда комбинатов.

<sup>2</sup> Колебания годового фонда рабочего времени в указанных пределах обусловлены различием

длительности и числа смен и количества рабочих дней в году для отдельных предприятий.

## 24.22. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬСТВО

Таблица 24-28

### Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$ , ч
<i>Цементные заводы</i> (с производством по мокрому способу)	7000
Сырьевой цех	7800
Цех обжига	7400
Цех сухого помола	

## 24.23. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-29

### Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$ , ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$ , ч	
Текстильная промышленность (в среднем)	4500	Заводы кожевенного картона (при трехсменной работе)	5000	
Обувная промышленность (в среднем)	3000	Шелкомотальные фабрики, хлопкоочистительные и джуто-кенафные заводы:		
Полиграфическая промышленность (в среднем при двухсменной работе)	3000		при односменной работе	1550—1650
Текстильные предприятия:	при двухсменной работе		при двухсменной работе	3000—3300
	при трехсменной работе	при трехсменной работе	4600—5000	
Обувные фабрики (при двухсменной работе)	3700—3900	Овчино-шубные заводы (при 2,5 сменной работе)	3900	
Кожевенные заводы (при двухсменной работе)	5600—5800	Дубильно-экстрактные заводы (при трехсменной работе)	5200	
Заводы искусственной кожи (при двухсменной работе)	3200	Заводы подошвенной резины	4200	
	4000			
	4200			

## 24.24. ПИЩЕВАЯ И МЯСО-МОЛОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Таблица 24-30

### Годовое число часов использования максимума активной мощности

Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$ , ч	Наименование производства, цеха, отделения, установки или группы приемников электроэнергии	Годовое число часов использования максимума активной мощности $T_M$ , ч
<i>Пищевая промышленность</i> (в среднем)	5000	Крупные птицекомбинаты	3000—3100
<i>Холодильная промышленность</i> (в среднем)	4000	Яйцесушильные заводы	5200—5500
<i>Мясо-молочная промышленность</i>	5600—5800	Птицефабрики	6400—6500
		Фабрики перовых изделий	4500—4600
Крупные мясоконсервные заводы и мясоперерабатывающие предприятия	4600—4700	Клеевые заводы	6200—6300
		Желатиновые заводы	5300—5500
Крупные мясокомбинаты	3500—3800	Крупные молочные комбинаты	6600—6800
Мясокомбинаты		Крупные молочноконсервные заводы	7200—7500
		Молочные, молочнодиетические заводы	4800—5000



## 24-25. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Таблица 24-31

Коэффициенты спроса осветительных нагрузок  $K_{с.о}^1$ 

Наименование объекта	Коэффициент спроса $K_{с.о}^2$	Наименование объекта	Коэффициент спроса $K_{с.о}^2$
Мелкие производственные здания и торговые помещения	1,0	Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Производственные здания, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95	Лабораторные и конторско-бытовые здания, лечебные, детские и учебные учреждения	0,8
Административные здания, библиотеки и предприятия общественного питания	0,9	Складские здания, распределительные устройства и подстанции	0,6
		Наружное и аварийное освещение	1,0

<sup>1</sup> Действительны при подсчете средних и максимальных нагрузок.

<sup>2</sup> Значения коэффициента спроса увеличивают-

ся по направлению от ввода к потребителям; для линий, питающих отдельные щитки, а также для линий групповой сети  $K_{с.о}=1$ .

Таблица 24-32

## Коэффициент мощности осветительной нагрузки и потери в пускорегулирующих аппаратах (ПРА)

Источники света и характеристика ПРА	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Потери в ПРА <sup>1</sup>
Люминесцентные лампы с дросселями без конденсаторов для повышения коэффициента мощности	0,5	20/30*
Лампы типа ДРЛ с ПРА без конденсаторов	0,57	10
Люминесцентные лампы с ПРА по двухламповой схеме или с ПРА по одноламповой схеме с конденсаторами для повышения коэффициента мощности	0,9	20/30*

<sup>1</sup> Потери мощности в ПРА (в процентах к установленной мощности ламп) учитываются при определении расчетной нагрузки.

\* В числителе — потери мощности в ПРА для люминесцентных ламп со стартерной схемой, в знаменателе — для ламп, включенных по бесстартерной схеме.

Таблица 24-33

## Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки

## А. Внутреннее освещение

Виды освещения	Количество смен	Продолжительность рабочей недели	Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки $T_{м.о}^4$				
			при наличии естественного освещения для географических широт, град			при отсутствии естественного освещения для всех географических широт	
			46	56	64		
Рабочее освещение и аварийное освещение для продолжения работ	1	5 дней	700	750	850	2150	
		6 дней	550	600	700		
	2	5 дней	—	2250	—	4300	
		6 дней	—	2100	—		
	3	5 дней	—	—	4150	—	6500
			—	—	—	—	

Продолжение табл. 24-33

Виды освещения	Количество смен	Продолжительность рабочей недели	Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки $T_{м.о.}$ ч			
			при наличии естественного освещения для географических широт, град			при отсутствии естественного освещения для всех географических широт
			46	56	64	
Рабочее освещение и аварийное освещение для продолжения работ	3	6 дней	—	4000	—	6500
		Непрерывная	—	4800	—	7700
Аварийное освещение для эвакуации людей	—	—	—	4800	—	8760

**Б. Наружное освещение**

Виды освещения	Продолжительность включения	Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки (для всех широт) $T_{м.о.}$ ч при включении	
		в рабочие дни	ежедневно
Рабочее освещение заводских территорий	До 24 часов До 1 ч ночи На всю ночь	1750	2100
		2060	2450
		3000	3600
Охранное освещение заводских территорий	На всю ночь	—	3500
Рабочее освещение территорий поселков	До 24 часов До 1 ч ночи На всю ночь	—	1950
		—	2350
		—	3500

**24-26. ХАРАКТЕРНЫЕ ГРАФИКИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК  
ПРЕДПРИЯТИЙ РАЗЛИЧНЫХ  
ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ниже приведены характерные суточные и годовые графики активной и реактивной нагрузок предприятий различных отраслей промышленности.

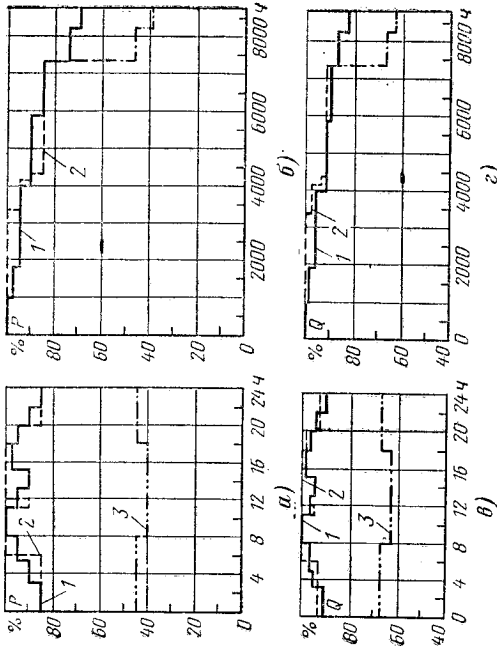


Рис. 24-1. Характерные графики нагрузок предприятий черной металлургии. а — суточные графики активной нагрузки; б — годовые графики активной нагрузки по продолжительности; в — суточные графики реактивной нагрузки; г — годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности; 1 — действующая нагрузка; 2 — перспективная нагрузка на ближайшее пятилетие; 3 — нагрузка выходного дня.

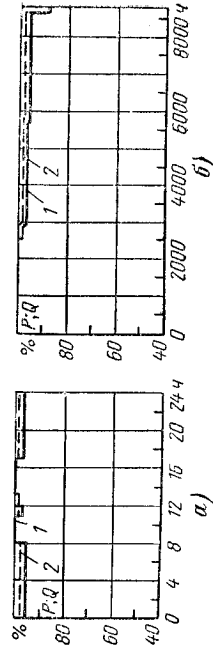


Рис. 24-2. Характерные графики нагрузок предприятий цветной металлургии. а — суточные графики активной и реактивной нагрузки; б — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — активная нагрузка; 2 — реактивная нагрузка.

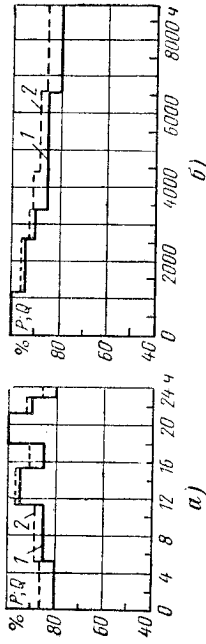


Рис. 24-3. Характерные графики нагрузок предприятий добычи угля. а — суточные графики активной и реактивной нагрузки; б — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — активная нагрузка; 2 — реактивная нагрузка.

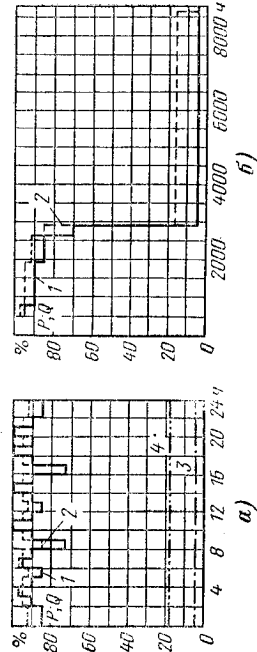


Рис. 24-4. Характерные графики нагрузок торфяных предприятий. а — суточные графики активной и реактивной нагрузки; б — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — график активной нагрузки во время торфодобычи; 2 — то же реактивной; 3 — график активной нагрузки в остальное время; 4 — то же реактивной нагрузки.

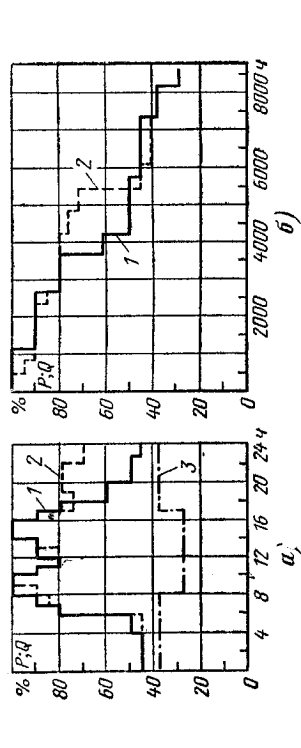


Рис. 24-7. Характерные графики нагрузок станкостроительной промышленности, а — суточные графики активной и реактивной нагрузок; б — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 2 — нагрузка рабочего дня; 3 — перспективная нагрузка; 3 — нагрузка выходного дня.

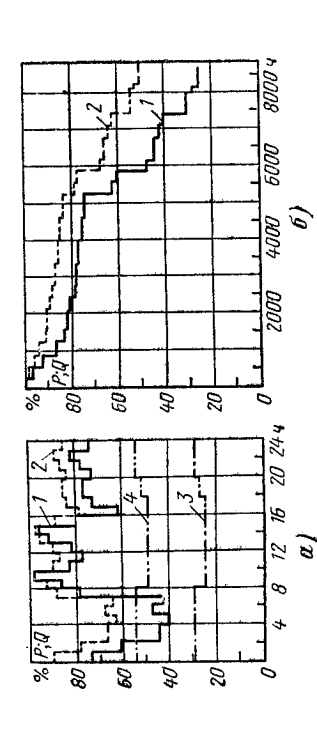


Рис. 24-5. Характерные графики нагрузок предприятий автомобильной промышленности. а — суточные графики активной и реактивной нагрузок; б — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — активная нагрузка рабочего дня; 2 — то же реактивная; 3 — активная нагрузка выходного дня; 4 — то же реактивная.

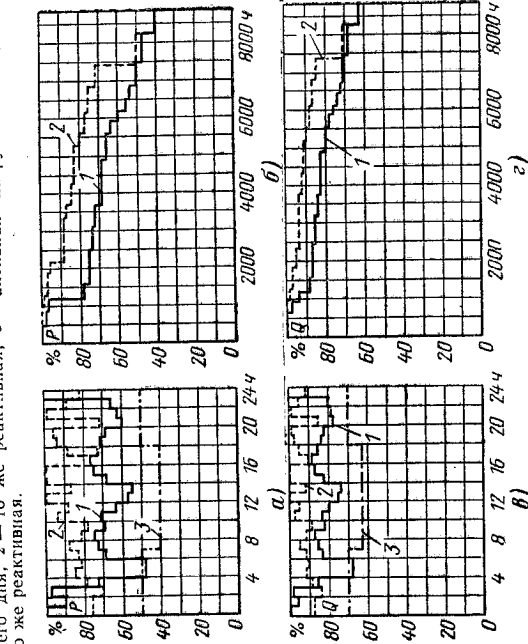


Рис. 24-6. Характерные графики нагрузок предприятий тяжелого машиностроения. а — суточные графики активной нагрузки; б — годовые графики активной нагрузки по продолжительности; в — суточные графики реактивной нагрузки; г — годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности; 1 — действующая нагрузка; 2 — перспективная нагрузка на ближайшее пятилетие; 3 — нагрузка выходного дня.

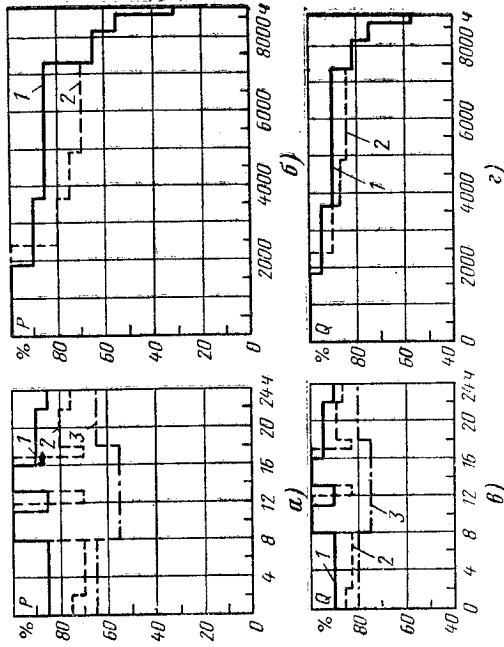


Рис. 24-8. Характерные графики нагрузок предприятий транспортного машиностроения. а — суточные графики активной нагрузки; б — годовые графики активной нагрузки по продолжительности; в — суточные графики реактивной нагрузки; г — годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности; 1 — нагрузка рабочего дня; 2 — перспективная нагрузка рабочего дня; 3 — нагрузка выходного дня.

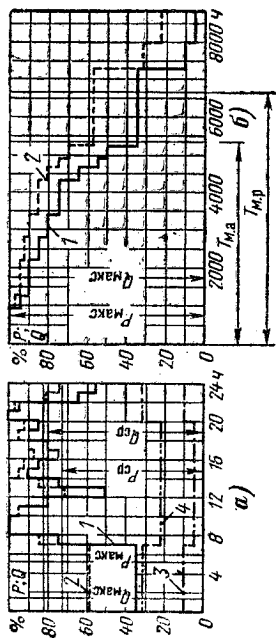


Рис. 24-9. Характерные графики нагрузок ремонтно-механических предприятий. *a* — суточные графики активной и реактивной нагрузок; *б* — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — активная нагрузка рабочего дня и тогда; 2 — то же реактивная; 3 — активная нагрузка выходного дня; 4 — то же реактивная;  $P_{ср}$  и  $Q_{ср}$  — средняя потребляемая активная и реактивная мощность;  $T_{ма}$  и  $T_{мр}$  — число часов использования максимума активной и реактивной нагрузок.

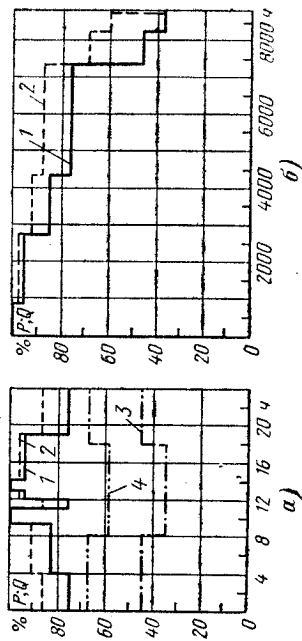


Рис. 24-10. Характерные графики нагрузок предприятий химической промышленности. *a* — суточные графики активной и реактивной нагрузок; *б* — годовые графики активной и реактивной нагрузок по продолжительности; 1 — активная нагрузка; 2 — реактивная нагрузка.

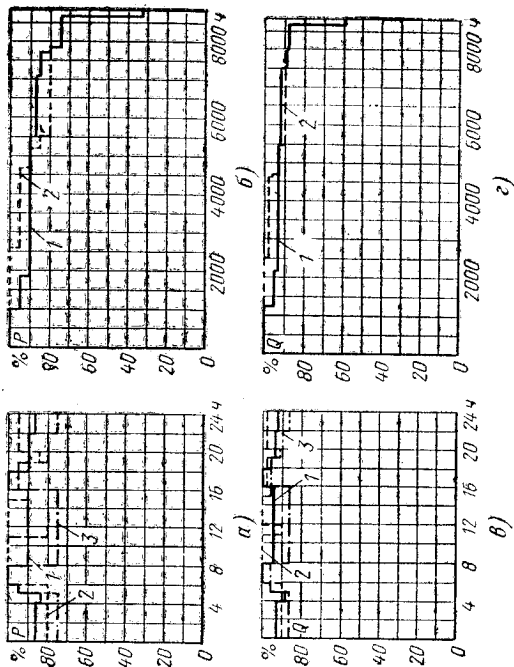


Рис. 24-11. Характерные графики нагрузок предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. *a* — суточные графики активной нагрузки; *б* — годовые графики активной нагрузки по продолжительности; *в* — суточные графики реактивной нагрузки; *г* — годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности; 1 — действительная нагрузка; 2 — перспективная нагрузка на ближайшее пятилетие; 3 — нагрузка выходного дня.

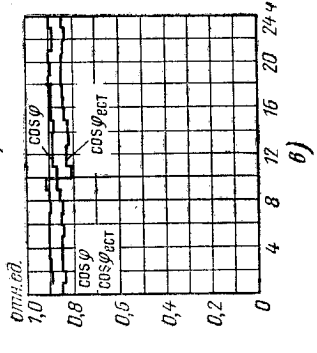
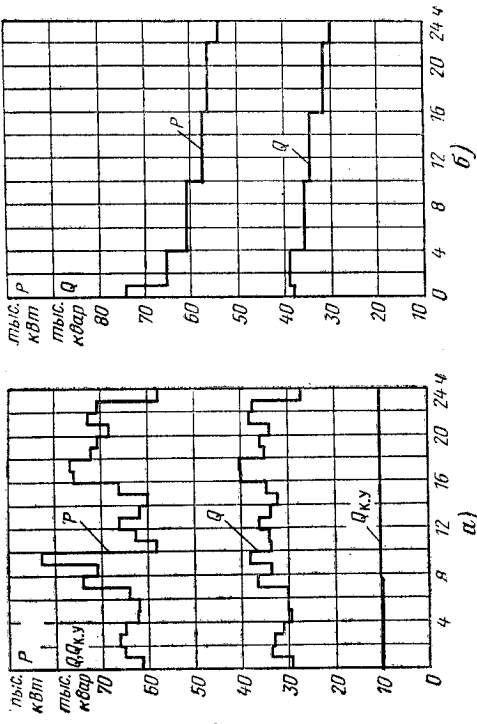


Рис. 24-14. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятия черной металлургии. а — суточный график активной и реактивной нагрузки; б — суточный график активной и реактивной нагрузки по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности. [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/XII)].

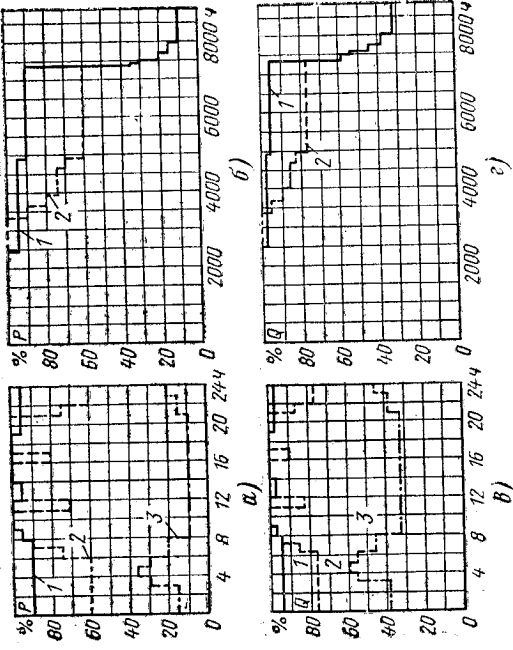


Рис. 24-12. Характерные графики нагрузки прядильных и ткацких фабрик. а — суточные графики активной нагрузки по продолжительности; б — годовые графики реактивной нагрузки; в — годовые графики реактивной нагрузки по продолжительности; г — действующая нагрузка; 2 — перспективная нагрузка на ближайше пятилетие; 3 — нагрузка выходного дня.

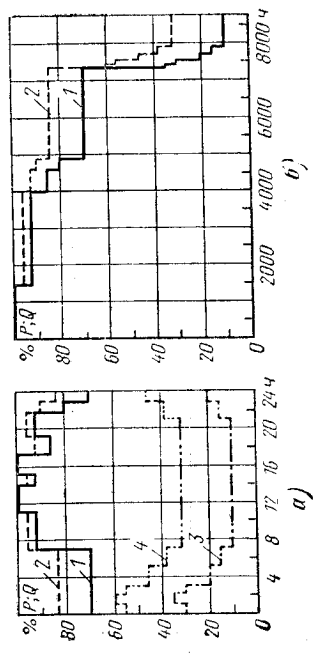


Рис. 24-13. Характерные графики нагрузок прядильных и отделочных фабрик. а — суточные графики активной и реактивной нагрузки; б — годовые графики активной и реактивной нагрузки по продолжительности; 1 — активная нагрузка расчетного дня; 2 — то же реактивная; 3 — активная нагрузка выходного дня; 4 — то же реактивная.

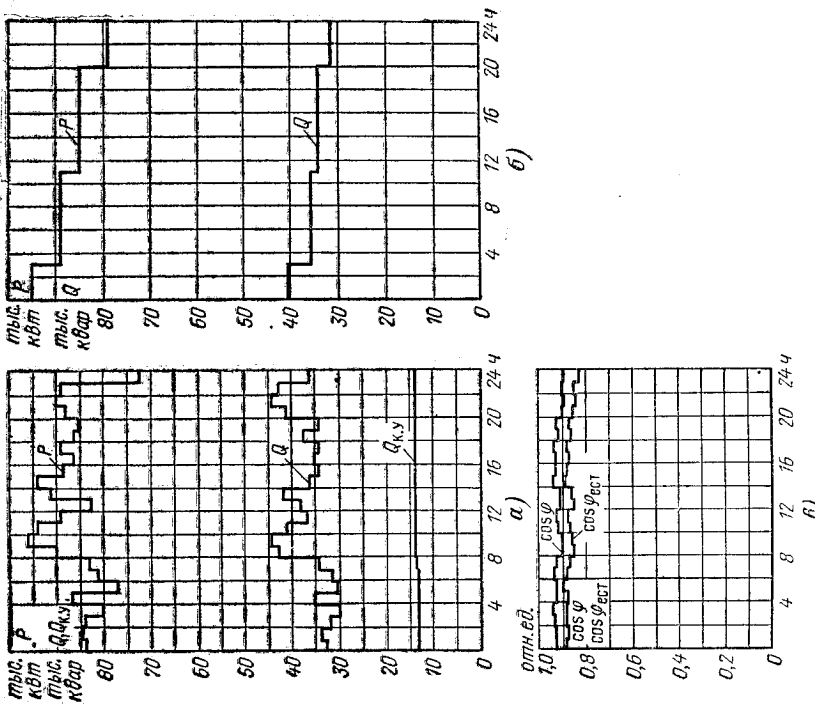


Рис. 24-15. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятия цветной металлургии. а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности. [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII)].

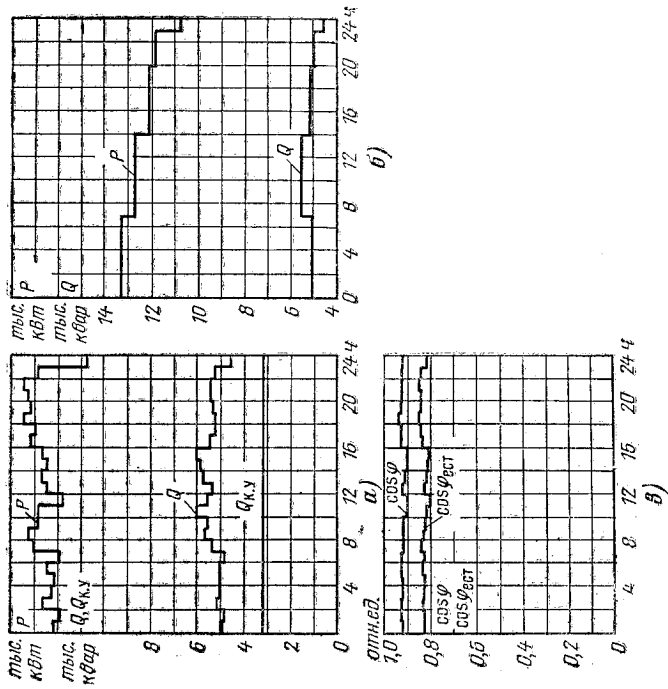


Рис. 24-16. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятия нефтепереработки. а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности. [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII)].

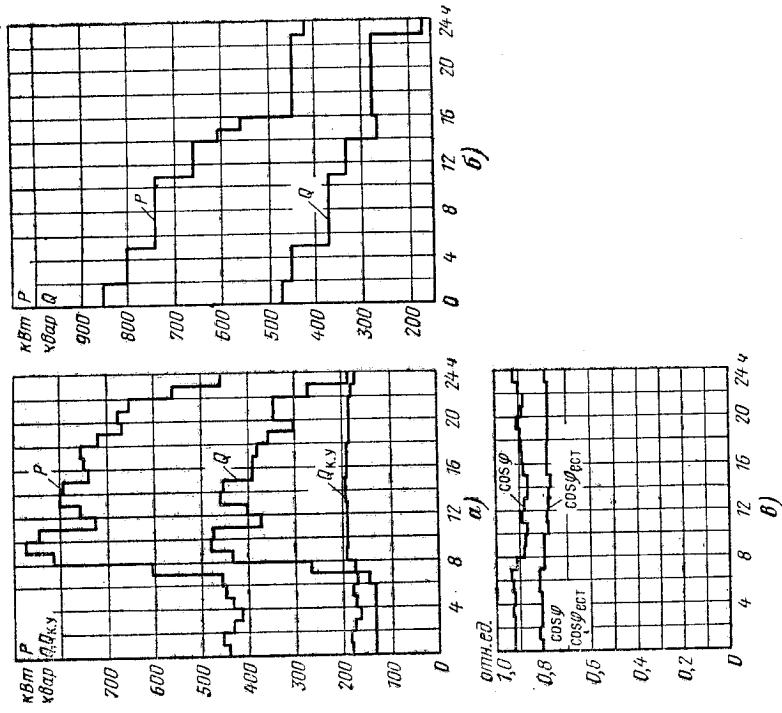


Рис. 24-18. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий машиностроения и металлообработки.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/ХII)].

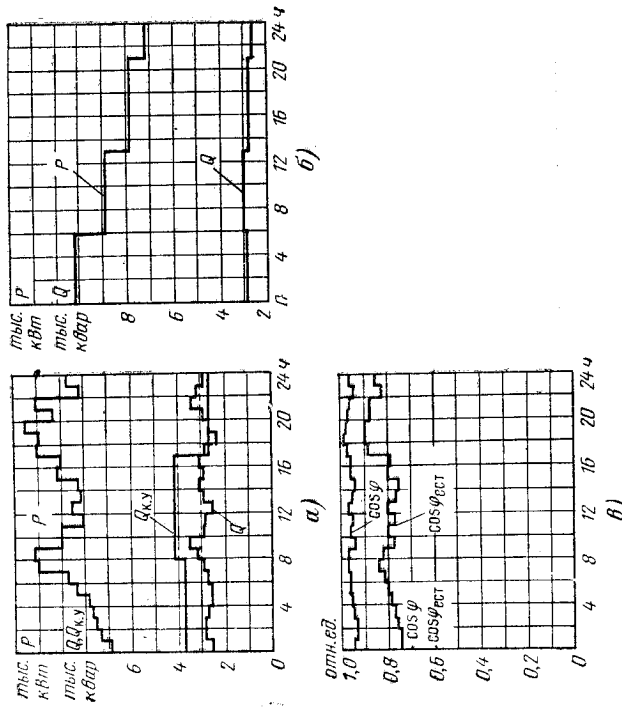


Рис. 24-17. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий торфопереработки.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/ХII)].



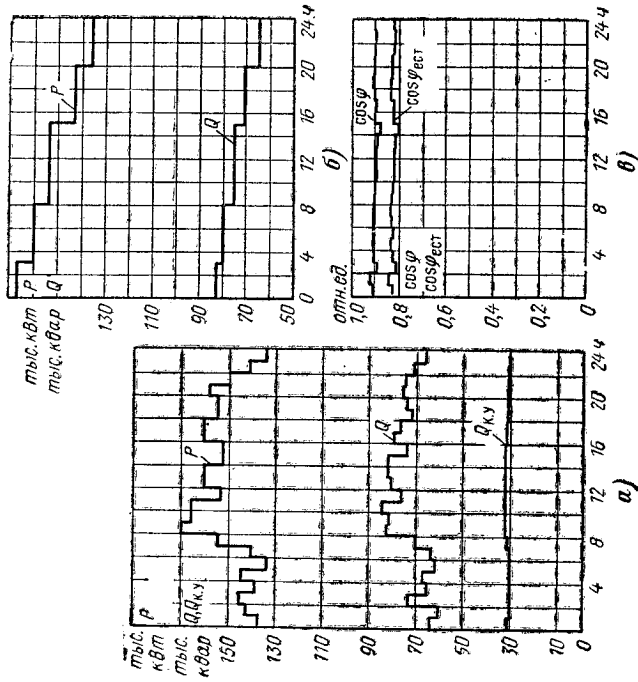


Рис. 24-19. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий химической промышленности.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности; г — суточные графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII).

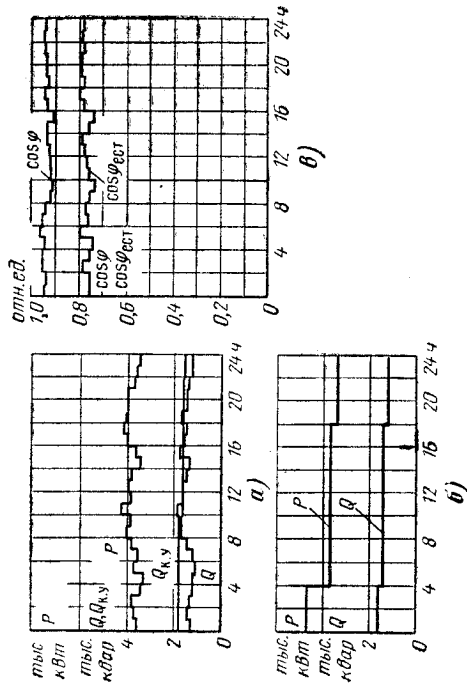


Рис. 24-20. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий бумажной промышленности.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности; г — суточные графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII).

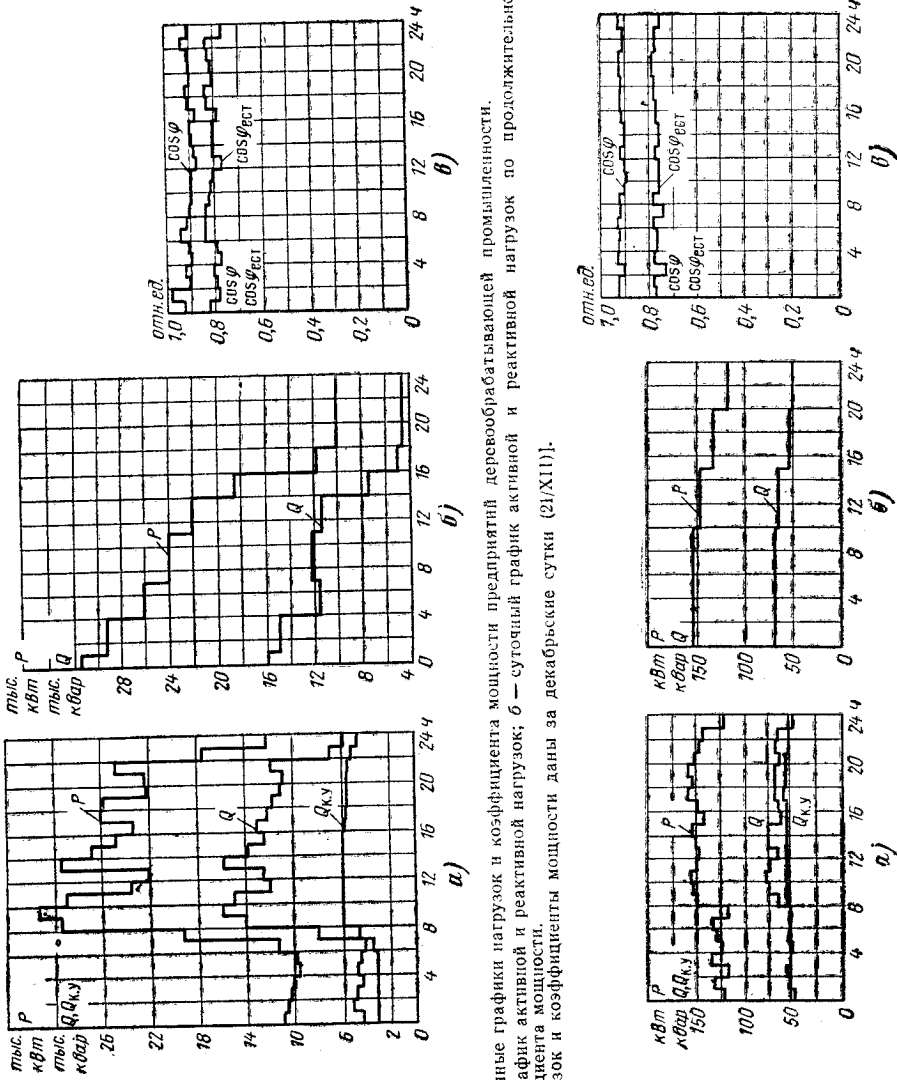


Рис. 24-21. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий деревообрабатывающей промышленности.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициенты мощности даны за декабрьские сутки (21/XII)].

Рис. 24-22. Суточный график нагрузок и коэффициента мощности предприятий промышленности строительных материалов.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/XII)].

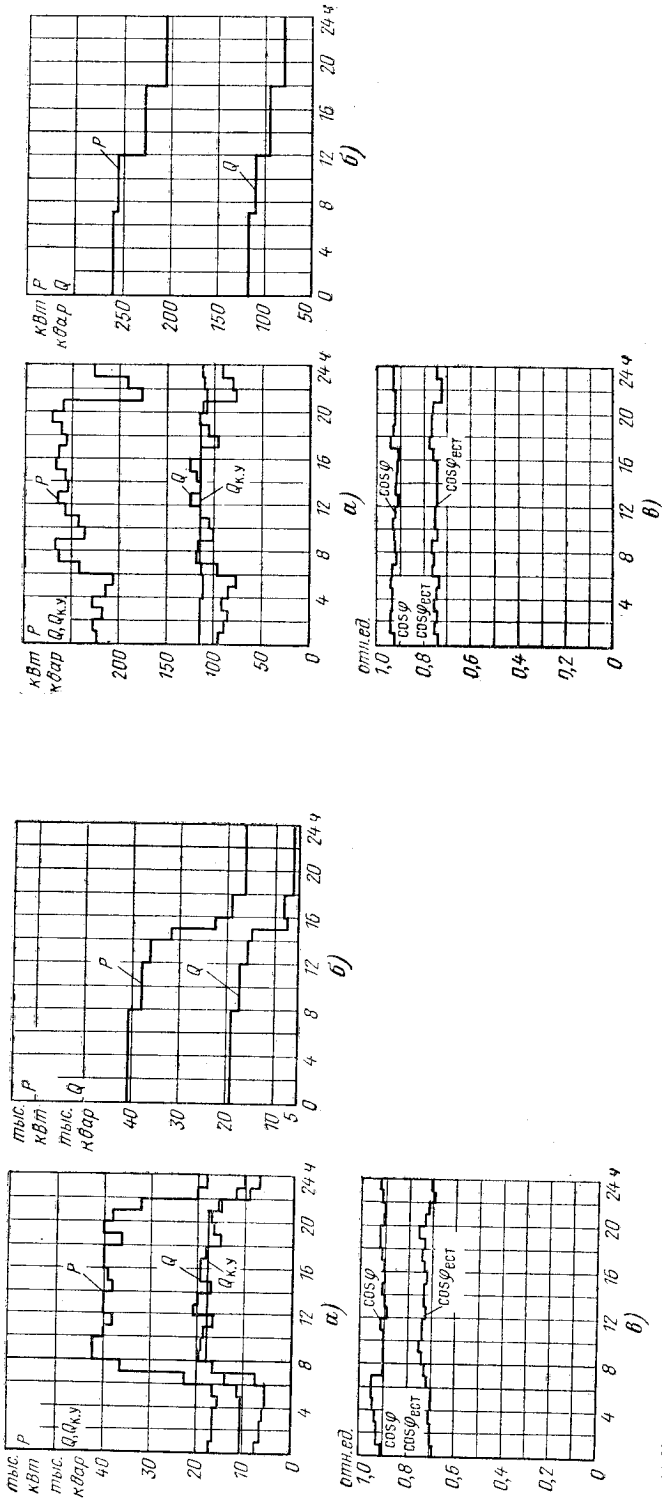


Рис. 23. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятия легкой промышленности. а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности. Г — суточный график коэффициента мощности и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII).

Рис. 24-24. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятия стекольной промышленности. а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности. Г — суточный график коэффициента мощности и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21.XII).

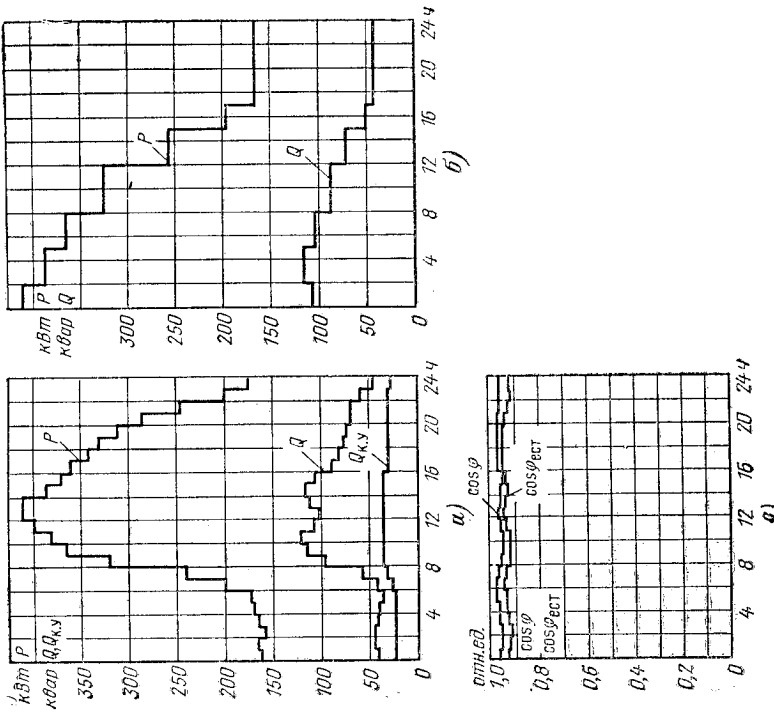


Рис. 24-26. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий прочих отраслей промышленности.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/ХII)].

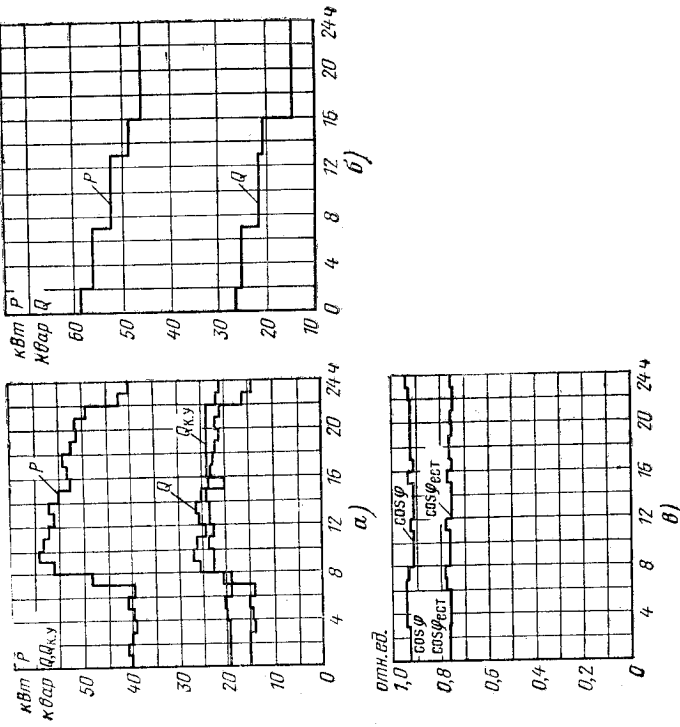


Рис. 24-25. Суточные графики нагрузок и коэффициента мощности предприятий пищевой промышленности.  
 а — суточный график активной и реактивной нагрузок; б — суточный график активной и реактивной нагрузок по продолжительности; в — суточный график коэффициента мощности.  
 [Графики нагрузок и коэффициента мощности даны за декабрьские сутки (21/ХII)].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

24-1. Справочник электрика предприятий черной металлургии. М., Металлургиздат, 1952.

24-2. Справочник проектировщика электрохозяйства металлургических заводов. Подсчет электроэнергии и нагрузок. Гипро-мез, 1958.

24-3. Удельные расходы электрической энергии на единицу продукции для заводов черной металлургии. М., Тяжпромэлектро-проект, 1956.

24-4. Электрические нагрузки промышленных предприятий. Горьковское отделение Электропроекта, 1958.

24-5. Нормы расхода электроэнергии по предприятиям Минметаллургхимстроя. Бюллетень Тяжпромэлектропроекта, 1956, № 6.

24-6. Выводы по результатам обследований заводов резинотехнических изделий. М., Электропроект, 1961.

24-7. Величины и коэффициенты, необходимые для подсчета электрических на-

грузок на объектах цементной промышленности. М., Электропроект, 1963.

24-8. Величины и коэффициенты, необходимые для подсчета электрических нагрузок на объектах химической промышленности. Т. 1. Заводы искусственного и синтетического волокна. М., Электропроект, 1963.

24-9. Сборник по удельным расходам электроэнергии в промышленности. Госинспекция по промэнергетике и энергонadzору МЭС, 1956.

24-10. Руководящие указания по экономии электроэнергии на металлургических заводах. М., Металлургиздат, 1950.

24-11. Справочник по электропотреблению в промышленности. Под ред. Г. П. Минина, Ю. В. Копытова. М., «Энергия», 1969.

24-12. Справочник энергетика промышленных предприятий. Под ред. А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского и Я. М. Большама. Т. I, II. М., Госэнергониздат, 1961, 1963.

## РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ПЯТЫЙ

## КАТЕГОРИИ ПРИЕМНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО СТЕПЕНИ БЕСПЕРЕБОЙНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

## 25-1. ЧЕРНАЯ И ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

## Черная металлургия

*Коксохимическое производство* (заводы или цехи). Потребители 1-й категории. Коксовый блок: туннели коксовых батарей, загрузочные и разгрузочные машины; основные химические цехи; газовые установки; часть объектов технического и противопожарного водоснабжения.

Потребители 2-й категории. Шихтовый двор; углерегуляторы; устройства углеподготовки и углеобогащения; башни тушения кокса; вспомогательные химические отделения и цехи; водоснабжение и канализация химических цехов.

Потребители 3-й категории. Склады угля, механические мастерские и другие вспомогательные объекты.

*Доменное производство*. Потребители 1-й категории. Доменные печи: скиповый подъем, конусы, вагон-весы, коксовый бункер, вращающийся распределитель и т. п.; литейный двор: пушка, краны, разливочные машины, воздуходувки и т. п.; насосы водоснабжения; устройства газоочистки, воздухонагревания и охлаждения; газодувки. (Прекращение электроснабжения вызывает остановку печи; возможна авария.)

Потребители 2-й категории. Шихтовый двор; бункерная эстакада; мостовые краны

и рудные перегружатели. (Допустимый перерыв в электроснабжении 30 мин.)

Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические мастерские и другие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Сталеплавильное производство: мартеновское, кислородно-конверторное и электросталеплавильное*. Главное здание сталеплавильного цеха: потребители 1-й категории — плавильные печи, завалочные машины, зали-вочные краны, насосы, дутьевые вентиляторы, лебедки перекидки и подъемы заслонок печей, механизмы наклона качающихся мартеновских печей и конверторов, все оборудование электросталеплавильных печей, краны разливочного и печного пролетов, толкатели тележек с изложницами, тележки для разлива стали, воздуходувки; потребители 2-й категории — прочее оборудование сталеплавильного цеха. Отделение непрерывной разливки стали: потребители 1-й категории — все оборудование.

Миксерное отделение: потребители 1-й категории — зали-вочные краны, миксер (механизмы наклона миксера); потребители 2-й категории — прочее оборудование.

Потребители 2-й категории. Шихтовый двор и отделение подготовки шихты: мостовые краны, оборудование дробления и размолы и т. п.; двор изложниц: мостовые краны, транспортеры и др.; отделение чистки и смазки изложниц; отделение раздвигания слитков, стрипперные краны и машины

напольного типа, монорельс для ремонта кранов и прочее оборудование; отделение подготовки днищ, футеровки разливочных ковшей, приготовления блоков для электропечей.

Потребители 3-й категории. Вспомогательное оборудование, не относящееся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Прокатное производство.* Потребители 1-й и особо 1-й категорий. Непрерывные горячие широкополосные прокатные станы. (Остановка вызывает расстройство сложного технологического процесса.)

Потребители 1-й категории. Нагревательные и методические печи, травильное отделение; установки светлого отжига, устройства охлаждения печей и удаления газов.

Потребители 2-й категории. Блюминг, слябинг, заготовительные, рельсобалочные, трубопрокатные линейные и последовательные листовые и сортовые станы; непрерывные и реверсивные станы холодной прокатки; ножницы, дрессировочные, калибровочные, жестекатальные и проволочные станы; вспомогательное оборудование прокатных станов; мостовые краны и внутрицеховые транспортные устройства. (Перерыв в электроснабжении вызывает значительный недоотпуск продукции.)

Потребители 3-й категории. Вспомогательные механизмы и отделения, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Ферросплавное производство.* Потребители 2-й категории. Руднотермические печи для получения ферросплавов: основное и вспомогательное оборудование (уникальные руднотермические печи большой мощности могут быть отнесены к 1-й категории, если их отключение нежелательно для энергосистемы).

Потребители 3-й категории. Вспомогательное оборудование и отделения, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Метизное производство.* Потребители 2-й категории. Прокатные, волочильные, калибровочные станы; электрические печи для термообработки; автоматические линии изготовления гаек, болтов, шурупов; агрегаты травления и гальванических покрытий; канатные машины; плетельные станки; гвоздильные автоматы; насосы и вентиляторы производственные; сварочные установки, подъемно-транспортные устройства. (Перерыв в электроснабжении вызывает недоотпуск продукции.)

Потребители 3-й категории. Прочие отделения и механизмы, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Огнеупорные заводы и цехи.* Потребители 1-й категории. Отделение вращающихся печей: привод, питатели, дутьевые вентиляторы и т. п. (Перерыв в электроснабжении может вызвать порчу оборудования, брак продукции.)

Потребители 2-й категории. Отделения: дробильно-сортировочные, формовочно-пресс-

овое, туннельных печей и т. п. (основное оборудование.)

Потребители 3-й категории. Склады и вспомогательные отделения и механизмы, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Общезаводские подсобные цехи, установки и механизмы предприятий черной металлургии.* Литейные цехи. — Потребители 1-й категории — привод для дутья вагранки, разливочные краны; потребители 2-й и 3-й категорий — прочее оборудование.

Потребители 3-й категории. Механические, кузнечные, штамповочные, прессовые, сварочные, деревообделочные и ремонтные цехи. Гаражи, железнодорожный цех, депо паровозов, электровозов; склады и прочие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

Потребители 1-й категории. Насосные станции, обеспечивающие водоснабжение потребителей 1-й категории доменных, сталеплавильных, нагревательных и методических печей; заглубленные насосные перекачки для станов прокатных цехов; насосные станции систем горячего водяного или испарительного охлаждения мартеновских, сталеплавильных, доменных, нагревательных и других печей; насосные пожарного водоснабжения.

Потребители 2-й категории. Прочие насосные и гидравлические насосные высокого давления.

Потребители 1-й категории. Котельные заводских ТЭЦ, ЦЭС, ПВЭС и паровоздуховных установок; циркуляционные насосы системы испарительного охлаждения. Газогенераторные, газосмесительные и газоповысительные станции. (При наличии резервных источников газоснабжения следует отнести ко 2-й категории.)

Потребители 2-й категории. Компрессорные станции общезаводские и цеховые. (Следует отнести к 1-й категории при применении в цехе жидкого топлива и отсутствии парового распыления.) Кислородные станции. (При продувке металла в конверторах только кислородом без воздушного дутья следует отнести к 1-й категории.)

## Цветная металлургия

*Производство меди.* Потребители 1-й категории. Конвертор и воздушная установка; миксер, разливочная машина. (Прекращение электроснабжения вызывает аварию.)

Потребители 2-й категории. Отражательная печь, шнековые питатели, насосы.

Потребители 3-й категории. Транспортёры, смесители, фильтры.

*Производство свинца.* Потребители 1-й категории. Электролизные ванны, сгустители; плавильный цех, рафинировочный цех; цехи щелочных сплавов и пылеулавливания.

Потребители 2-й категории. Прочие технологические отделения и установки.

**Производство цинка.** Потребители 1-й категории. Электролизные ванны, разливочные краны, электроплавильные печи; вентиляторы печей.

Потребители 2-й категории. Дробилки, обжиговые печи: дымососы и вентиляторы; сушильные печи, вакуум-насосы и песковые насосы; фильтры, краны и прочее технологическое оборудование.

**Производство алюминия.** Потребители 1-й категории. Электролизный цех: ванны электролиза алюминия, вентиляторы газотсоса, краны. (Перерыв в электроснабжении вызывает порчу оборудования, расстройство технологического процесса и осложнения в питающей энергосистеме.) Электролитная: потребители 2-й категории — печи электрические для плавки алюминия; потребители 3-й категории — вентиляторы, транспортные механизмы и прочее вспомогательное оборудование.

**Производство глинозема.** Потребители 1-й категории. Спекание и дробление песка: вращающиеся печи с холодильниками, эксгаустеры, насосы, дробилки, электрофильтры, транспортные механизмы, вентиляторы; отделение кальцинации: вращающиеся печи с холодильниками, насосы пневмотранспорта, вентиляторы, транспортные механизмы. Выкручивание: декомпозиеры, насосы, аппараты Дорра. (При остановке необходимо поворачивание печи через каждые 10 мин во избежание ее прогиба.)

Потребители 2-й категории. Мокрый размол, выщелачивание и обескремнивание, сгущение, карбонизация и выпарка: шаровые мельницы, мешалки, аппараты Дорра, фильтр-прессы, карбонизаторы, фильтры, насосы и транспортные механизмы. Склады сырья и глинозема: дробилки, транспортные механизмы и насосы пневмотранспорта.

Потребители 3-й категории. Вспомогательные отделения и механизмы, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

**Производство анодной массы.** Потребители 2-й категории. Прокалочная вращающаяся печь с холодильником. (При остановке необходимо периодически через 10 мин поворачивание печи во избежание ее прогиба.)

Потребители 3-й категории. Дробилки, грохоты, смесительные машины; вентиляторы и транспортные механизмы.

**Производство электродов.** Потребители 1-й категории. Графитировочный цех: электропечи, вентиляторы, компрессоры, транспортные механизмы.

Потребители 2-й категории. Отделения предварительного дробления, размольно-рассеивное и смесительное: дробилки, мельницы, сита, смесительные машины, бегуны, транспортные механизмы. Прокалочный цех: вращающиеся печи с холодильником, электрокальцинаторы, транспортные механизмы. (При остановке необходимо через каждые 10 мин поворачивать печь во избежание ее прогиба.) Обжиговой цех: эксгаустеры, транспортные механизмы, шихтовый цех: смесительные машины, транспортное обо-

рудование; прессовое отделение: насосы, компрессоры, трамбовки, прессы.

Потребители 3-й категории. Механический цех обработки электродов: станки, вентиляторы, транспортные механизмы; переработка зеленого боя и подсыпки: дробилки и транспортные механизмы.

**Общезаводские установки и подсобные цехи предприятий цветной металлургии.** Потребители 1-й категории. Насосные станции водоснабжения, котельные производственного пара, газогенераторные станции.

Потребители 2-й категории. Компрессорные станции, турбовоздуходувки.

Потребители 3-й категории. Механические и ремонтные цехи и мастерские: станки, сварочные аппараты, печи, вентиляторы, подъемно-транспортные механизмы, гаражи, депо паровозов и прочие вспомогательные объекты.

## 25-2. ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ И ТОПЛИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**Горнорудные предприятия с подземным и открытым способом разработки (рудники и карьеры).** Потребители 1-й категории. Клетьевые подъемные машины, канатные пассажирские дороги; главные вентиляторы и насосы водоотлива на рудниках, опасных по газу, пыли и воде, котельная, calorиферы. (Длительный перерыв в электроснабжении снижает производительность, вызывает опасность для людей и может привести к аварии.)

Потребители 2-й категории. Канатная грузовая дорога (при отсутствии склада), скиповая подъемная машина; рудничные машины; драги, буровые станки; экскаваторы, транспортно-отвалы, мосты, электровозная откатка; вентиляторы частичного проветривания и главные вентиляторы на рудниках, не опасных по газу и пыли; воздуходувки; компрессоры; электроинструмент; насосы.

Потребители 3-й категории. Канатная грузовая дорога (при наличии склада); скреперы, двигатель-генераторы и ртутные выпрямители откатки и прочее технологическое оборудование и вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

**Горнообогатительные комбинаты (фабрики) и агломерационные фабрики руд черных и цветных металлов.** Потребители 1-й категории. Флотационное отделение главного корпуса: флотационные машины; корпус сгущения: сгустители Дорра; корпус обжига: вращающиеся печи; агломерационный цех: агломерационные машины, аглоэксгаустеры. (Перерыв в электроснабжении вызывает длительное расстройство сложного технологического процесса.)

Потребители 2-й категории. Корпусы крупного и среднего дробления: транспортеры, дробилки; отделение измельчения: мельницы, классификаторы; насосное отделение главного корпуса: песковые насосы; реагентное отделение: насосы и прочая ап-

паратура; хвостовая насосная; насосы, компрессоры, технологическое оборудование аглофабрики, кроме приведенного выше.

Потребители 3-й категории. Вспомогательное оборудование и объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Угольные шахты и карьеры добычи угля.* Потребители 1-й категории. Клетевые подъемные машины, главные и вспомогательные вентиляторные установки, размещенные на поверхности и обслуживающие шахту; общешахтные компрессорные установки, центральная подземная подстанция, главный водоотлив, котельная, калориферы, канатная пассажирская дорога. (Длительный перерыв в электроснабжении снижает производительность, вызывает опасность для людей и может привести к аварии.)

Потребители 2-й категории. Участковые подстанции и преобразовательные установки электровозной откатки, врубовые машины и комбайны, конвейеры, лебедки, сверла, перфораторы, буровые станки, экскаваторы, транспортно-отвальные мосты, передвижные и стационарные компрессорные установки, насосы, электроинструмент.

Потребители 3-й категории. Вспомогательные объекты и агрегаты поверхности шахты и карьеров, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Нефтепромыслы, буровые установки и нефтедобыча.* Потребители 1-й категории. Буровые установки глубиной более 3 000 м, буровые установки со сложными геологическими условиями, установки, расположенные на море: турбобуры, электробурь, приводы роторного бурения, лебедки для спуска и подъема инструмента, буровые насосы, вспомогательные механизмы (перерыв в электроснабжении может вызвать заедание инструмента из-за оседания грунта.) Глубиннонасосные установки в скважинах с большим содержанием песка, центральные насосные и установки противопожарного водоснабжения нефтепромыслов, компрессорные станции (поршневые компрессоры и газомоторкомпрессоры) нефтепромыслов с компрессорным способом добычи нефти. (Перерыв в электроснабжении может вывести из строя скважину на длительное время.)

Потребители 2-й категории. Буровые установки глубиной до 3 000 м и установки глубиной до 4 000 м, но имеющие аварийные дизель-электрические станции, буровые скважины, находящиеся в капитальном ремонте. Глубиннонасосные установки добычи нефти: станки-качалки, погружные центробежные электронасосы, насосные станции по перекачке нефти и газа, насосные станции внутреннего водоснабжения, законтурного заводнения нефтеносных пластов и канализации промысловых вод, вакуум-насосы и электрифицированные задвижки, насосные станции магистральных нефтепроводов (турбонасосы).

Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические, электроремонтные и прочие подсобные мастерские, гаражи и прочие

вспомогательные объекты и установки, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности.* Насосы подачи сырья в трубчатые печи (крекинг-насосы), насосы смазки и уплотняющих жидкостей к сальникам насосов; насосы вакуумные и питательные для воды технологических аппаратов, компрессоры, вентиляторы и газодувки технологических установок; вентиляторы продувки электродвигателей во взрывоопасных помещениях, водозаборные сооружения 1-го подъема; блоки оборотного водоснабжения, градирни, насосные станции фекальной канализации и противопожарного водоснабжения; блок промканализации с перекачкой сточных вод завода; газоспасательные станции; пожарное депо; диспетчерский пункт завода.

Потребители 2-й категории. Насосные сливных эстакад, товарные и сырьевые насосные, газгольдеры и аварийные резервуары при установках; общие заводские насосные при установках; очистные сооружения фекально-хозяйственной канализации с механической очисткой; нефтеотделители при водяных блоках и нефтеловушки; конденсатные станции; воздушные компрессорные; общее реагентное хозяйство, тарный цех и разливная; цех консистентных смазок и присадок; цех регенерации кислоты сернокислотного завода; этилосмесительная установка; катализаторная фабрика; ремонтно-механический завод.

Потребители 3-й категории. Материальные и товарные склады; механические мастерские, химводочистка; силовые насосные, гаражи, центральные лаборатории, конторы и прочие вспомогательные объекты и установки, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

*Производство искусственного жидкого топлива.* Потребители 1-й категории. Блоки гидрогенизации в жидкой фазе на плававшем и стационарном катализаторах и машинные залы, обслуживающие эти блоки; цехи разделения бедных и богатых газов, цехи производства водяного газа с газодувными установками и циркуляционными системами; цехи производства генераторного газа для технологических целей с газодувными установками и циркуляционными системами; цехи очистки, компримирования, конверсии и расщепления газов; пастоприготовление; кислородные цехи, цехи дистилляции с огнем обогревом, водородные и сероводородные цехи катализаторных фабрик; цехи синтеза, конденсации и нейтрализации; газгольдерное хозяйство, цехи ректификации фенола; водозаборные сооружения с насосными прямоточными и циркуляционными систем; воздушные компрессорные КИП.

Потребители 2-й категории. Цехи подготовки и транспорта; обогатительная фабрика; завод полуккоксования; отдельные цехи катализаторных фабрик; цехи очистки и стабилизации светлых продуктов, дистилляция с паровым обогревом, цехи извлече-



ния фенолов из масел, фабрика смазочных масел, блоки гидрогенизации паровой фазы с машинными залами, цехи ароматизации бензина и производства алкилатов, цехи производства генераторного газа для отопительных целей с газодувными установками и циркуляционными системами, цехи очистки сточных вод, склады промежуточной и готовой продукции с насосными.

Потребители 3-й категории. Вспомогательные и ремонтные цехи и прочие объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

### 25-3. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ, МЕТАЛООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

*Механические и механосборочные цехи.* Потребители 2-й категории. Цехи серийного производства: станки холодной обработки металлов и механическая вентиляция.

Потребители 3-й категории. Цехи несерийного производства (оборудование то же).

*Инструментальные цехи.* Потребители 2-й категории. Цехи серийного поточного производства: станки холодной обработки металлов, механическая вентиляция, печи для термообработки.

Потребители 3-й категории. Цехи несерийного поточного производства (оборудование то же).

*Литейные цехи.* Литейные участки с механизированной подачей земли серийного производства: потребители 1-й категории — приводы для дутья вагранок, разливочные краны; потребители 2-й категории — транспортеры пылеприготовительной, конвейеры подачи опок для заливки, краны, бегуны, глиномаялки и прочее технологическое оборудование, механическая вентиляция. Литейные участки без механизированной подачи земли несерийного производства: потребители 2-й категории — приводы для дутья вагранок; потребители 3-й категории — прочие технологические установки и механизмы (см. выше).

*Сталеплавильные цехи.* Потребители 1-й категории. Механизмы дуговых сталеплавильных печей, краны разливочных пролетов.

Потребители 2-й категории. Прочее оборудование сталелитейного производства.

*Кузнечные, штамповочные и прессовые цехи.* Потребители 2-й категории. Цехи серийного производства: ковочные молоты, прессы, механическая вентиляция, печи для нагрева и термической обработки.

Потребители 3-й категории. Цехи несерийного производства (оборудование то же).

*Термические цехи.* Потребители 2-й категории. Печи для термической обработки и механическая вентиляция.

*Цехи металлопокрытий.* Потребители 2-й категории. Двигатель-генераторы, электрические ванны, механическая вентиляция.

*Сварочные цехи.* Потребители 2-й категории. Цехи серийного производства: сварочные умформеры и аппараты. Потребители 3-й категории. Цехи несерийного производства (оборудование то же).

*Деревообрабатывающие цехи.* Потребители 2-й категории. Цехи серийного производства: станки, пилы и механическая вентиляция.

Потребители 3-й категории. Цехи несерийного производства (оборудование то же).

*Окрасочные цехи.* Потребители 2-й категории. Механическая вентиляция.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Машины для окраски и сушильные аппараты. (Машины для окраски и сушильные аппараты при возможности образования в них взрывоопасной смеси должны быть отнесены ко 2-й категории.)

*Завод силовых полупроводниковых преобразователей.* Потребители 2-й категории. Основные технологические цехи и оборудование.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Вспомогательное технологическое оборудование.

*Электродный завод.* Потребители 1-й категории. Стекольный завод: технологические вентиляторы для варки стекла, масляные вакуум-насосы.

Потребители 2-й категории. Основное технологическое оборудование.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Вспомогательное технологическое оборудование.

*Подсобные цехи и общезаводские установки и объекты предприятий машиностроительной, металлообрабатывающей и электротехнической промышленности.* Потребители 1-й категории. Насосные противопожарного водоснабжения.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Насосные хозяйственного водоснабжения. (Должны быть отнесены ко 2-й категории, если предназначены и для противопожарных целей.)

Потребители 3-й категории. Зарядные станции, ремонтные механические и электромеханические цехи и прочие обслуживающие вспомогательные производства.

### 25-4. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Производство искусственного и синтетического волокна

*Производство вискозных волокон, кордной ткани и целлофана.* Потребители 1-й категории. Установки регенерации сероуглерода, отделение мерников сероуглерода, цех вискозных аппаратов и вакуум-ксантмешалок.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Отделения подготовки целлюлозы, растворов, растворителей вискозы: цехи отделочные, вискозные, мотальные, прядильные, перемоточные, крутильные, ткацкие, сушильные,

сортировочные; прочие технологические отделения.

Потребители 3-й категории. Упаковочные цехи; склады сырья, промежуточные и готовой продукции.

*Производство ацетатного шелка.* Потребители 1-й категории. Цехи растворения и фильтрации; насосные станции для приема и перекачки ацетона и спирта; станция приготовления растворяющей смеси; цехи рекуперации и ректификации летучих растворителей.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Отделение измельчения ацетилцеллюлозы; прядильный, крутильный, перемоточный, сортировочный цехи; буферные камеры и камеры фиксации крутки шелка; цех переработки текстильных отходов в штапельное волокно; прочие технологические отделения и установки.

Потребители 3-й категории. Упаковочный цех, промежуточные склады, склады сырья и готовой продукции.

*Производство капронового и амидного волокон.* Потребители 1-й категории. Водородный цех, азотно-кислородная станция; цех разделения воздуха; котельная высокотемпературного носителя.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Ткацкий, крутильный, отделочный, сортировочный цехи; отделения расплавления смолы, сушки волокна, браковочно-мерильное; камеры буферная и кондиционирования; отделения формирования смолы, вакуум-барбанных сушилок, приема и намотки ниток; отделения полимеризации смолы, регенерации капролактама, приготовления замасливателя и прочие технологические отделения и установки.

Потребители 3-й категории. Склады промежуточные и готовой продукции; упаковочное отделение.

*Производство штапельного волокна «нитрон».* Потребители 1-й категории. Химический цех, корпус ректификации; прядильно-отделочный цех, склад диметилформамида.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Отделение приготовления отделочных растворов, сушильный цех; отделения вытяжки, промывки, резки, сортировки и прочие технологические отделения.

Потребители 3-й категории. Склады сырья готовой продукции.

*Производство полиэфирного волокна «лавсан».* Потребители 1-й категории. Отделения растворения диметилтерефталата, перезтерификации и поляконденсации, мерников для уайт-спирита и бутилового спирта; котельная высокотемпературного носителя.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Отделения формирования, резки, смешения и сушки смолы; буферная камера; прядильный цех; отделение приготовления замасливателя; отделение шпулярищика; цех вытяжки, резки и гофрировки штапельного волокна; крутильные цехи шелка, корда и кор-

дных круток; камера кондиционирования волокна; цех фиксации волокна; перемоточный и ткацкий цехи; бракомерильное отделение; сортировочно-упаковочный цех.

Потребители 3-й категории. Склады сырья и готовой продукции.

*Производство сероуглерода.* Потребители 1-й категории. Отделения конденсаторов, отгонки сероуглерода из шлама, отстойников для воды, содержащей сероуглерод, сливная станция сероуглерода; склады сероуглерода-сырца и сероуглерода-ректификата; дистилляционный корпус; цех регенерации серы; газгольдеры; машинное отделение газогенераторной станции.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Склад серы и сероплавильное отделение; склад и отделение сушки древесного угля; ретортный корпус; помещение газогенераторов.

*Общезаводские подсобные цехи, объекты и установки производства искусственного и синтетического волокна.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Компрессорные и абсорбционные холодильные установки; склады диметилформамида, этиленгликоля и метанола с насосным отделением; вентиляционные камеры, камеры кондиционирования воздуха; водоснабжение и водоумягчительные станции; мастерская бакелитовых покрытий.

Потребители 3-й категории. Химические лаборатории; мастерские механические, электроремонтные, гальванических покрытий и заготовки фильтр-материалов, стеклодувные, наборные, винипластовые, деревообделочные, картонажные, целлюлозобатанные, жесткой и мягкой тары и прочие; очистные сооружения с вынесенными наружу резервуарами промстоков. Склады негорючих материалов: склады хлора и глинохлоритовые; склады сыпучих химикалий и серной кислоты, кислорода, смазочных масел; кладовые и цеховые склады горючих материалов (ткани, шпули и твердые горючие материалы).

Азотная промышленность и производства продуктов органического синтеза, суперфосфата, соды, серной кислоты и т. д.

*Производство азота.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Генераторная станция; топливогазача (дробильное отделение, транспортные галереи), генераторное отделение (генераторы, котлы, скрубберы и др.); газодувное отделение (машинный зал); природного газа, коксового или полуводяного газа, водяного газа или водорода.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Помещение водяных насосов.

*Производство аммиака по схеме с медно-аммиачной очисткой.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Регенерация медно-аммиачного раствора в отдельном помещении.

*Производство аммиака по схеме с промывкой жидким азотом.*

Потребители 1-й и 2-й категорий. Компрессия и синтез в одном помещении; от-

дельные помещения для пусковых газодувки, насосов и кислородоудовки.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Конверсия метана и окиси углерода с технологической аппаратурой вне здания; моноэтаноламинная (МЭА) очистка с технологической аппаратурой вне здания; синтез с технологической аппаратурой вне здания.

*Производство метанола (метилового спирта).* Потребители 1-й и 2-й категорий. Конверсия метана; водная или моноэтаноламинная (МЭА) очистка; компрессия и синтез; обезэфирование и дистилляция метанола, перманганатная очистка; насосные (в зданиях).

Потребители 2-й и 3-й категорий. Синтез с технологической аппаратурой вне здания.

*Производство капролактама.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Бензотаялка, насосные станции базисного и промежуточного складов, гидрирование; ректификация; нитрирование; цех восстановления (отделения реакторное и насосов); ректификация продуктов окисления; дегидрирование циклогексана; цехи лактама, доокисления и адипиновой кислоты.

*Производство ацетилена термоокислительным пиролизом метана.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Насосное отделение растворителя цеха пиролиза; отделение компрессии; вакуум-насосная (внутри здания) и насосное отделение растворителя (с закрытыми площадками), отделения концентрирования.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Наружные установки отделений пиролиза, концентрирования и регенерации растворителя; установка для сжигания отходов, аварийные емкости.

*Производство разбавленной азотной кислоты (под давлением).* Потребители 2-й категории. Цех турбокомпрессии, цех конверсии (контактное отделение).

Потребители 2-й и 3-й категорий. Наружные технологические установки конверсии.

*Производство аммиачной селитры.* Потребители 2-й категории. Цехи нейтрализации, выпарки, сушки и охлаждения, цех грануляции.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Унаковочная с эстакадой и склад.

*Производство натриевой селитры.* Потребители 2-й категории. Основные технологические цехи и отделения.

*Производство серной кислоты.* Потребители 2-й категории. Печное отделение: электрофильтры; отделения башенное и контактное; насосные, компрессорные и прочие технологические отделения.

*Производство суперфосфата.* Потребители 2-й категории. Производственные отделения.

Потребители 3-й категории. Склады, монтажные краны и тельферы.

*Производство соды.* Потребители 2-й категории. Отделение абсорбции, дистилля-

ции, карбонизации; компрессорная станция, печь.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки азотной промышленности, производств продуктов органического синтеза и т. д.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Азотные компрессоры; воздухоудвигная станция; отделение разделения воздуха; аммиачно-холодильные установки, насосные станции хозяйственного и противопожарного водоснабжения; насосные станции оборотных циклов; аварийная вентиляция; диспетчерское управление, телефонные станции системы пожарной сигнализации и КИП; котельные (помещения электрофильтров, мельниц, вентиляторов и т. д.). (Все или часть приемников 1-й категории служат для обеспечения возможности продувки азотом технологических аппаратов и устранения возможности образования токсических или взрывоопасных смесей.)

Потребители 2-й и 3-й категорий. Углеподача; дробильное отделение и центральное улепелыеприготовление; насосные мазута; отделение электролиза воды; открытая установка ресиверов водорода; маслохозяйство; санитарно-техническая вентиляция; открытые склады топлива (уголь и торф); открытые установки масло- и мазутобаков; газгольдеры конвертированного газа, газов пиролиза, водяного газа, полуводяного газа, ацетиленов; коксового газа; камеры газового ввода при газгольдерах.

Потребители 3-й категории. Механические, электроремонтные, деревообделочные и прочие ремонтные и заготовительные мастерские; склады и раздаточные смазочных материалов; центральные заводские и цеховые лаборатории; бытовые помещения и прочие вспомогательные объекты.

**Производство шин и резинотехнических изделий**

*Шинные заводы.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Подготовительный, сборочный, автокамерный цехи и цехи каландров и вулканизации; резиносмесители для приготовления резиновой смеси и вулканизации каучука, вальцы подогревательные и под резиносмесителями; пелетайзеры, обкладочные каландры, сборочные станки, вулканизаторы шин, автокамер и обочных лент, шприц-машины протекторных и автокамерных агрегатов, транспортные системы. (К 2-й категории следует отнести электрооборудование напряжением выше 1 000 В и оборудование цехов и отделений, где по условиям технологии при аварийных условиях возможно образование взрывоопасных смесей.)

*Заводы резинотехнических изделий.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Цехи транспортных лент, приводных ремней, формовой техники, подготовительный, спецшлангов, бездорновых рукавов, клиновидных ремней, спиральных, буровых и напорных рукавов; агрегаты для изготовления особо

прочных транспортерных лент, каландры для изготовления сердечников и обкладки транспортерных лент, подогревательные вальцы, шпринг-машины, прессы с электрообогревом, резиносмесители и смесительные вальцы, агрегаты для наложения наружного слоя на рукава, каландры подготовительного цеха (обкладка и листование), подъемно-транспортные механизмы. (Ко 2-й категории следует отнести высоковольтное оборудование и оборудование отделений и цехов, где по условиям технологии при аварии возможно образование взрывоопасных смесей.)

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки производства шин и резинотехнических изделий.* Потребители 1-й категории. Насосные противопожарного водоснабжения, аварийная вентиляция цехов и отделений, в которых по условиям производства возможно образование взрывоопасных смесей. (При перерыве электроснабжения возникает опасность для жизни и здоровья людей.)

Потребители 2-й категории. Компрессорные станции; холодильные цехи; насосные технологического водоснабжения (циркуляционной и перегретой воды, высокого и низкого давления); вентиляция санитарно-техническая; склады горючих пылевидных продуктов, жидкостей и газов.

Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические, электроремонтные цехи или мастерские, кузницы, литейные; гаражи, депо, материальные склады и прочие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

Производства этилена, синтетического этилового спирта и синтетического каучука

*Производство этилена и этилового спирта из нефтяных углеводородов.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Цех сероочистки и получения серы, цехи разделения и компрессии газов; цех пиролиза; цехи гидратации (прямой и по серноокислотному методу); цехи приемки, отпуска и хранения спирта.

*Производство дивинила из этилового спирта.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Шихтовальные станции (спиртовая шихта); испарительное отделение контакторного цеха; цех конденсации и ректификации спирта, цех ректификации дивинила; цех выделения и переработки побочных продуктов производства; цех гидратации эфира.

*Производство дивинила из бутана.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Склад и насосная для фракции  $C_4$ ; цехи гидрирования бутана и бутиленов; цехи разделения контактного газа и выделения бутиленов с применением ацетона и изобутилена.

*Производство стирола и метилстирола.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделения конденсации печных цехов; цехи ректификации спирта и метилстирола; промежуточные склады.

*Производство полиизобутилена из изобутиленового спирта.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Печное отделение; контакторное разложение спиртов; отделение испарения спиртов; отделение контактирования спиртовых паров; цех охлаждения и компрессии этилена, цех ректификации изобутилена и этилена; цех полимеризации изобутилена (получение полиизобутилена).

*Производство полиизобутилена и изобутана.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Цех дегидрирования изобутана, компрессии и выделения изобутан-изобутиленовой фракции; цех полимеризации.

*Производство тиокола.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Производство формалия; отделение приготовления растворов и реакторное отделение производства тиокола.

*Производство изопрена из изопентана.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Цех гидрирования изопентана и изоамиленов; цех ректификации и разделения продуктов дегидрирования; отделение выделения изопрена; изомеризации н. пентана, выделения изоамиленов; склад сырья и промежуточных продуктов.

*Производство дивинилстирольного и дивинилметилстирольного каучука СКС и СКМС.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Шихтовальная станция; компрессорная; цех полимеризации; отделение получения некола; отделения приготовления поглотительного раствора и обогащения дивинила цеха медных солей.

*Производство дивинилнитратного каучука СКН.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделения полимеризации и отгонки мономеров; склад нитрилакриловой кислоты.

*Производство бутилкаучука.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделения ректификации, полимеризации и обработки цеха бутилкаучука; склад жидких продуктов.

*Производство изопрена из формальдегида и изобутилена и изопренового каучука СКН.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделение реакторное, разгонки масляного и водяного слоев; цехи ректификации формальдегида, конденсации контакторного газа, ректификации изопрена и изобутилена; цех полимеризации; склад жидких продуктов.

*Производство полибутадиенового каучука СКД-1А.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Цех очистки дивинила; отделение электролиза воды (получение водорода); цех полимеризации выделения каучука; цех синтеза триизобутилалюминия (ТИБА); отделения размолла алюминия, синтеза ТИБА, центрифугирования; промежуточный склад очищенного дивинила; цеховой склад расходных емкостей дивинила, циклогексана, бензина.

*Производство силиконового каучука СКТ.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделение ректификации и гидролиза диметилдихлорсилана; отделение промывки и разгонки силоксанов; склад диметилдихлорсилана.

*Производство метилвинилпиридина и дивинилметилвинилпиридинового каучука.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Отделения получения паральдегида и метилвинилпиридина; отделение полимеризации и отгонки мономеров цеха производства каучука.

*Производство хлоропренового каучука «найрит».* Потребители 1-й и 2-й категорий. Реактивный цех синтеза моновинилацетилена; цех абсорбции и десорбции моновинилацетилена; цех производства, ректификации полимеризации хлоропрена; лаковый цех; склады сырья и продуктов.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки производства этилена, синтетического этилового спирта и синтетического каучука.* Потребители 1-й категории. Компрессорные и газодувные станции; азотно-кислородные цехи; насосные станции хозяйственного и противопожарного водоснабжения; насосные станции оборотного водоснабжения; аварийная вентиляция, диспетчерское управление; КИП и системы пожарной сигнализации; котельные.

Потребители 2-й категории. Холодильные цехи: аммиачные (компрессорное и испарительное отделения), пропан-пропиленовые, этиленовые; санитарно-техническая вентиляция основных производственных цехов; газгольдеры, резервуары, материальные трубопроводы, сливо-наливные устройства, станции раскочки, предназначенные для хранения и транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих газов, пылевидных горючих продуктов; насосные для перекачки химически загрязненных стоков.

Потребители 3-й категории. Центральные заводские и цеховые лаборатории; склады негорючих материалов; цеховые инструментальные склады и раздаточные смазочных материалов; ремонтно-механические, электроремонтные, деревообрабатывающие цехи, заготовительные мастерские; цех КИП и прочие вспомогательные службы.

## 25-5. ЛЕСНАЯ, ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Лесная и деревообрабатывающая промышленность

*Лесобиржи, крупные лесозаводы, производство лесоматериалов.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Лесопильные рамы, электропилы, трелевочные лебедки, лебедки на штабелевке и погрузке, бревносплавы, бревнотаски, механизмы непрерывного перемещения крупных бревен и мелких грузов, электрические краны на штабелевке древесины, круглопильные станки, колуны, дробилки, грохоты, окорочные, тарно-делительные, тарно-брусущие, обрезные станки и прочее технологическое оборудование.

*Деревообрабатывающие заводы и комбинаты.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Биржа сырья и лесоматериалов, сортировочная площадка и стаккерные установки; лесосоцех. Цех древесноволокнистых плит; отделение приготвления щепы; рубильная машина, дезинтегратор, пневмотранспортеры щепы, механизмы сортировки; размольное отделение: рафинатор, дефибратор со вспомогательным оборудованием, мешалки бассейнов и насосы массы; проклеивное и отливочное отделения: отливочная машина, механизмы проклейки, насосы брака и оборотной воды, вспомогательные механизмы; прессовое и моечное отделения: насосы высокого и низкого давления, теплового аккумуляатора, транспортеры, вентиляторы; отделение раскроя и увлажнения: технологические механизмы и вентиляция; отделение закалки: вентиляторы и транспортные механизмы (тележки, роллганги и т. п.) закалочных камер.

Цехи строительных и столярных изделий: цехи оконных блоков, щитовых дверей и погонажа, малярный цех, заготовительное, сборочное и сушильное отделения, отделение заточки инструментов и лакокрасочное отделение цеха щитовых дверей, технологическая вентиляция цехов. Цех древесной муки: подготовительное, размольное, рассевное, фильтровальное и выбойное отделения. Цехи производства пиломатериалов: лесопильный цех; сортировочная площадка; разгрузочно-сортировочное отделение сушильного цеха; блок сушильных камер; окорочно-рубильная станция; калибровочное и строгальное отделения; энергохимическая установка и установка антисептирования; рейд, бассейны с водной сортировкой; склад пиловочника (сырья) и склад пиломатериалов.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности.* Потребители 1-й категории. Насосные станции противопожарного водоснабжения; аварийная вентиляция цехов, опасных по взрыву.

Потребители 2-й категории. Насосные станции технического водоснабжения; компрессорные; зарядная станция; котельная; вентиляторы эксгаустеров и сушильных камер; сантехническая вентиляция.

Потребители 3-й категории. Склады материальные, гаражи, ремонтно-механические и электроремонтные цехи или мастерские, прочие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

Целлюлозно-бумажное производство

Потребители 1-й и 2-й категорий. Лесные биржи: распиловочно-окорочные и древесно-подготовительный цехи, древесномассный завод; блок сульфатцеллюлозных заводов; варочный, промывной, очистный, выпарной цехи; блок каустизации и регенера-

ции извести; отбелный цех: аккумулярование беленой целлюлозы; блок бумаго- и картоносушильный: производства бумаги № 2, основы и мелованной, картона пищевого мелованного; фурфурольное производство, гидролизно-дрожжевой завод.

Потребители 1-й категории. Вакуум-насосы бумаго- и картоноделательных машин; колчеданные, серные, трубчатые вращающиеся печи; оборудование содорегенерационных котлоагрегатов; насосные станции производственного и противопожарного водоснабжения; аварийная вентиляция помещений, в которых возможно образование взрывоопасных смесей при нарушении нормального процесса работы. (Перерыв электроснабжения приводит к расстройству сложного технологического процесса и браку продукции.)

Потребители 2-й категории. Стакеры, слешеры, конвейеры, бревнотаски, кабельные и козловые краны, корообдирки, окорочные барабаны и коротжимательные установки, рубильные машины, дезинтеграторы, механизмы сортировки щепы, насосы кислотоупорных регенерационных цистерн, транспортные устройства подачи и загрузки щепы, насосы принудительной циркуляции щелока и варочной кислоты, компрессоры, сучкоделители, сгустители, вакуум-фильтры, центробежные сортировки, центриклинеры, насосы для массы и оборотной воды, циркуляционные и мешальные устройства, мельницы размола сучков и отходов, регуляторы концентрации, перемешивающие и разгрузочные устройства башен хлорирования, гипохлоритной отбели, отбели двуокисью хлора, отбельные роллы, смесители, фильтры, насосы перекачки известкового молока и отбельных растворов, аппараты гашения извести, пресс-паты обезвоживания целлюлозы, мешальные бассейны, установочные размола оборотного брака, упаковочные прессы, производственная вентиляция с регенерацией тепла, мельницы горячего размола, промывные фильтры, аппараты непрерывной варки, сортировка, вакуум-насосы, насосы для щелоков и шлама, каустизаторы, дымососы, механизмы подачи балансов, дефибреры комплектно с оборудованием подачи и регулированием мощности главного двигателя, щепколовки, бассейны, гидро-разбиватели, мельницы, роллы, мешалки для каолина и раствора глинозема, котел для варки клея, дробилка канифоли, регуляторы концентрации и композиции, узлоуловители, бумагоделательные и картоноделательные машины, машины для мелования, оборудование переработки сырого и сухого брака, маслоулавливающая аппаратура, перемотные и продольнорезательные станки, саморезки, суперкаландры, упаковочные станки, производственная вентиляция, санитарно-техническая вентиляция помещений с парами кислоты и едких газов.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки целлюлозно-бумажного производства.* Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические и

электроремонтные цехи и мастерские; шлифовальный цех; гаражи, склады щепы, коры, отходов древесины, серы, сульфата и другие материальные склады, транспортные устройства для обслуживания и ремонта технологического и энергетического оборудования; прочие вспомогательные объекты и установки, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

## 25-6. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Промышленность строительных материалов

*Асбестодобывающая промышленность.* Открытые горные разработки (карьеры): потребители 1-й категории — центральная насосная водоотлива, подъемные машины и канатные пассажирские дороги; потребители 2-й категории — экскаваторы, буровые станки, электровозная откатка, насосы, компрессоры, электроинструменты, канатная грузовая дорога (при отсутствии склада), грузовые подъемники, кабель-краны, маневровые лебедки; потребители 3-й категории — канатная грузовая дорога (при наличии склада); потребители 2-й категории — фабрики предварительного обогащения: питатели, дробилки, транспортеры, терриконники. Обогажительные фабрики: отделения крупного и среднего дробления: питатели, дробилки, транспортеры, грохоты; сушильное отделение: транспортеры, питатели, циклоны; отдел мелкого дробления и выделения волокна: транспортеры, дробилки, грохоты, вентиляторы, циклоны, грузовая канатная дорога.

*Цементные заводы:* потребители 1-й категории — цех обжига: питатели вращающихся печей, вращающиеся печи, угольные шнеки, дутьевые вентиляторы, транспортные механизмы клинкера (останов может вызвать неравномерный нагрев и деформацию корпуса печи, длительное расстройство сложного технологического процесса); потребители 2-й категории — карьер: экскаваторы, бурильные станки, электровозная откатка и прочие транспортные системы; дробильный цех: дробилки, транспортные механизмы; сушильный цех; сушильные барабаны сырого материала, эксгаустеры, транспортные механизмы сухого помола; цех сырьевого помола: сырьевые мельницы, питатели мельниц, транспортные механизмы, компрессоры и мешалки для перемешивания шлама; обжиг в шахтных печах; прессы сырьевой муки, вентиляторы, увлажнительные шнеки, транспортные механизмы сырьевой муки, клинкера и шлама, питатели автоматических шахтных печей, колосниковая решетка, автомат шахтных печей, разгрузочные аппараты; помол угля и цемента; электрофильтры; потребители 3-й категории — склад клинкера: транспортные

механизмы сырого угля, грейферные краны, цех помола угля: сушильные барабаны, транспортные механизмы сухого угля и угольного порошка, угольные мельницы, вентиляция; цех помола цемента: транспортные механизмы, цементные мельницы, вентиляция; цех упаковки: упаковочные машины, вентиляция, транспортные устройства.

*Стекольные заводы:* потребители 1-й категории — стекловаренные печи и туннельные печи обжига (все механизмы, обслуживающие печи); стеклотянульные и стеклопрокатные машины; классификационные установки абразивов стеклополированных цехов; автоматизированные шлифовально-полировальные конвейеры стекла: главные приводы, механизмы перекладывания стекла, шлифовальные и полировальные станки, присосные краны и др. (перерыв электрооборудования может вызвать порчу оборудования, длительное расстройство сложного технологического процесса и значительный брак продукции); потребители 2-й категории: вспомогательные производственные механизмы и установки, санитарно-техническая вентиляция основных цехов.

*Заводы железобетонных изделий:* потребители 2-й и 3-й категорий — главные корпуса заводов железобетонных изделий, шлакоблоков, ячеистого бетона, транспортные галереи, приемные устройства, бетоно-смесительный цех; извещагасительное отделение, арматурный цех; потребители 3-й категории — склады цемента, кормовой извести, инертных заполнителей.

*Кирпично-черепичные заводы* — потребители 2-й и 3-й категорий: сушильный цех, помольное отделение; массозаготовительный и пресовый цех; печной цех, отделение подтопков, котельная; потребители 3-й категории — глинохранилище, отделение ящичных подавателей, склады готовой продукции.

*Заводы гипса и сухой штукатурки:* потребители 2-й и 3-й категорий — цехи варочного гипса, гипсовых блоков, сухой штукатурки; потребители 3-й категории — каменнообрабатывающая мастерская, склады готовой продукции.

*Заводы металлоконструкций:* потребители 2-й и 3-й категорий — метизный цех, ацетиленовая, цехи подготовки, обработки и сборочные; электродный цех, цех окраски и отгрузки, кислородная станция; потребители 3-й категории — блок вспомогательных цехов, склады материальные.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки предприятий промышленности строительных материалов* — потребители 2-й категории — насосные без пожарного водоснабжения, обслуживающие потребителей 2-й и 3-й категории; потребители 3-й категории — ремонтно-механические и электроремонтные цехи и мастерские; материальные склады; гаражи, депо паровозов и электровозов; прочие вспомогательные объекты и установки, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

**Строительная промышленность** (строительные площадки).

Потребители 1-й категории: артезианские скважины (при наличии напорных резервуаров); водозаборы, насосные станции водоснабжения при наличии напорных резервуаров (без пожарных насосов); замораживающие, иглофильтровальные установки; насосные станции водоотлива и водопонижения; цементационные работы; кессонные работы, шахтные пассажирские подъемники, перекачка фекальных стоков (при отсутствии аварийного выпуска); электрический обогрев бетона: тепловые пункты в сетях теплоснабжения, котельные водозаборы, насосные станции водоснабжения с установкой в них пожарных насосов; вентиляция и водоотлив в туннелях; подземные и туннельные работы (допускается перерыв электроснабжения до 2 часов на время ручного прекращения резервного питания); потребители 2-й категории — компрессорные воздушные установки; канатные дороги, бетонное хозяйство, нефтебазы, лесовозы, ремонтно-механические заводы, тракторные хозяйства, насосные без противопожарного водоснабжения, земснаряды гидромеханизации и станции перекачки с насосными станциями к ним; гидромониторы, охлаждение бетона, котельные для бетонных хозяйств, крупные автобазы. (Допустимая длительность перерыва электроснабжения 8 ч.) Потребители 3-й категории — базы электромонтажа, гидромонтажа, гидропещестроя, спецгидромонтажа, арматурные мастерские, бетономешалки и растворомешалки; плотничные и опалубочные мастерские, лесосеки, буродолотоуправочные, участковые механические мастерские с холодной обработкой металла, пристани, гравесортировочные установки, электрический обогрев грунта, передвижные котельные, стройдворы, сантехнические мастерские, мелкие автобазы, материальные склады.

## 25-7. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

*Текстильная промышленность* (хлопчатобумажное производство, камвольное-суконное производство и первичная обработка шерсти, шелковое и льняное производство). Потребители 1-й категории — отделочные производства: цехи опальный, отбельный, красильный, печатный, карбонизации и прочие подобные цехи (перерыв электроснабжения свыше 20 мин приводит к значительному браку продукции). Потребители 2-й и 3-й категорий — прочие технологические цехи и установки производства текстильной промышленности.

*Заводы кожевенные и искусственной кожи* — потребители 2-й и 3-й категорий. Основное технологическое оборудование заводов кож: жестких, хромовых, на волокнистой и тканевой основе — и фабрик обувных кожевенных картонов.

*Заводы подошвенной резины и галошные фабрики.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Основное технологическое оборудование.

*Обувные и меховые фабрики.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Основное технологическое оборудование.

*Трикотажные и швейные предприятия.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Основное технологическое оборудование.

*Предприятия хлопкоочистительные, первичной обработки льна и конопли, джуто-кенафные и шелкоткальные.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Основное технологическое оборудование.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки предприятий легкой промышленности.* Потребители 1-й категории. Насосные станции производственного и противопожарного водоснабжения, котельные.

Потребители 2-й категории. Насосные станции без пожарных насосов, компрессорные, установки кондиционирования, санитарно-техническая вентиляция, химстанции, химводоочистка, холодильные станции.

Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические и электроремонтные мастерские, межцеховой и внутрицеховой транспорт, склады сырья и готовой продукции, гаражи, депо паровозов и прочие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

## 25-8. ПИЩЕВАЯ И МЯСО-МОЛОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

*Производство сахарного песка и сахара рафинада.* Потребители 2-й и 3-й категорий. Свеклосахарные и рафинадные заводы. Жидкостные насосы, воздушные и газовые насосы и компрессоры; вентиляторы и дымососы; транспортные устройства; специальное технологическое оборудование: свекломойки, центробежные свеклорезки, мешалки, утфелераспределители, вращающиеся барабаны, ротационные диффузионные аппараты, центрифуги и т. п. (Перерыв электроснабжения вызывает значительный недоотпуск продукции, особенно для заводов высокой производственной мощности.)

*Производство муки, крупы, хлеба и макаронных изделий.* Потребители 1-й категории. Особо крупные механизированные хлебозаводы, мельницы и элеваторы. (Объекты важного народнохозяйственного значения.)

Потребители 2-й категории. Мелькомбинат производительностью свыше 250 т в сутки, мельница производительностью свыше 250 т в сутки; элеватор портовый, комбикормовый завод производительностью 300 и более т в сутки, крупозавод производительностью 200 т и менее в сутки, крупные хлебозаводы и макаронные фабрики.

Потребители 3-й категории. Мелкие предприятия по производству муки, крупы, хлеба и макаронных изделий.

*Производство мяса и мясной продукции (мясная промышленность).* Потребители 1-й и 2-й категорий. Крупные мясокомбинаты, мясоконсервные комбинаты, мясоперерабатывающие заводы (емкость камер хранения холодильника 5 000 т и выше; выработка мяса в смену 300 т и выше; выработка колбасных изделий в смену 100 т и выше).

Потребители 2-й категории. Мясокомбинаты средней производственной мощности (емкость камер хранения холодильника до 5 000 т; выработка мяса в смену 40—300 т; выработка колбасных изделий в смену 10—100 т).

Потребители 3-й категории. Прочие мясокомбинаты, убойные пункты, мелкие колбасные фабрики.

Потребители 2-й категории. Клеевые заводы (выработка костного клея в сухом исчислении 1 000 т в год и выше). Желатиновые заводы (выработка пищевого и технического желатина 1 000 т в год и выше).

Потребители 3-й категории. Техжиркомбинаты.

*Молочномаслодельная промышленность.* Потребители 1-й и 2-й категорий. Крупные молочные и молочноконсервные комбинаты и заводы (переработка молока в смену 250 т и выше).

Потребители 2-й категории. Молочные заводы, заводы сгущенного молока (переработка молока в смену 30—200 т).

Потребители 3-й категории. Прочие молочные и молочнодиетические заводы.

Потребители 2-й и 3-й категорий. Маслозаводы; маслобазы; сыродельные заводы; заводы плавленых сыров.

Потребители 3-й категории. Мелкие маслозаводы, отделения, сливные пункты.

*Предприятия яично-птичной промышленности.* Потребители 2-й категории. Крупные птицекомбинаты (выработка мяса птицы в смену 15 т и выше; откорм гусей или кур 100 тыс. птицемест и выше; машинный холодильник емкостью камер хранения 80—100 т и выше).

Потребители 3-й категории. Прочие птицекомбинаты, откормочные пункты, кулинарные фабрики.

Потребители 1-й и 2-й категорий. Птицефабрики (электрические инкубаторы для одновременной закладки 30 тыс. яиц и более; батарейный откорм 20—30 тыс. птицемест; выработка мяса птицы в смену 2 т и выше). (К потребителям 1-й категории относятся электрические инкубаторы.)

Потребители 2-й категории. Яйцесушильные заводы (выработка яичного порошка в смену 3 т и выше).

Потребители 3-й категории. Фабрики перо-пуховых изделий.

*Общезаводские подсобные цехи, вспомогательные объекты и установки предприятий пищевой и мясо-молочной промышленности.* Потребители 1-й категории. Аммиачные компрессоры холодильных установок; насосные станции производственного и противопожарного водоснабжения; центральные компрессорные и котельные.



Потребители 2-й категории. Насосные станции без пожарных насосов, компрессорные и котельные предприятий, относящихся к потребителям 2-й и 3-й категорий.

Потребители 3-й категории. Ремонтно-механические и электроремонтные мастер-

ские, склады сырья и готовой продукции, транспортные механизмы, гаражи, депо паровозов и прочие вспомогательные объекты, не относящиеся к потребителям 1-й и 2-й категорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

25-1. Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1965.

25-2. Афонин Н. С. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. М., Госэнергоиздат, 1958.

25-3. Справочник по электропотреблению в промышленности. Под ред. Г. П. Минина и Ю. В. Копытова. М., «Энергия», 1969.

25-4. Указания по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений машиностроительной промышленности, СН 118-18. М., Стройиздат, 1968.

25-5. Госстрой СССР. Указания по проектированию электроснабжения промышленных предприятий, СН 174-67. М., Стройиздат, 1968.

25-6. Госкомитет СМ СССР по химии. Отраслевые правила проектирования взрывоопасных и пожароопасных помещений

предприятий промышленности химических волокон и производства сероуглерода. М., Госхимиздат, 1961.

25-7. ЛНТИ Гипрокаучука. Правила и нормы техники безопасности и промышленной санитарии для проектирования, строительства и эксплуатации производства этилена, синтетического и этилового спирта и синтетического каучука. М., Госхимиздат, 1961.

25-8. Тайц А. А. Электроснабжение металлургических заводов. М., «Металлургия», 1967.

25-9. Грейсх М. В., Крутовой Л. Н. Электроснабжение угольных и рудных шахт. М., «Недра», 1965.

25-10. Справочник энергетика промышленных предприятий. Под ред. А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского, Я. М. Большама. Т. 1, 2. М., Госэнергоиздат, 1961, 1963.

## РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ШЕСТОН

## УКРУПНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (УПС)

## 26-1. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

Таблица 26-1

Кабельные линии (кабели трехфазные, трех- и четырехжильные, с медными жилами и бумажной изоляцией) без стоимости траншей, каналов и туннелей

Рабочее напряжение, кВ	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1 % потери напряжения, м	Масса меди, т/км	Стоимость 1 км линии при прокладке нижеприведенных марок, тыс. руб.						
			При прокладке в траншее	При прокладке в кабельных каналах (туннелях)				В траншее		В канале, туннеле или по эстакадам		В блоках	По лоткам	
								СБ	АБ	СБГ	АБГ		СГТ	СБГ
До 1	3	2,5	40	28	44	8	0,07	0,984	—	1,02	—	0,984	0,948	—
		4	55	37	52	9	0,1	1,068	—	1,092	—	1,056	1,008	—
		6	70	45	56	11	0,16	1,188	1,056	1,212	1,092	1,176	1,14	1,008
		10	95	60	62	13	0,3	1,38	1,248	1,416	1,26	1,416	1,332	1,188
		16	120	80	65	17	0,4	1,68	1,50	1,692	1,50	1,740	1,62	1,428
		25	160	105	71	19	0,7	2,088	1,788	2,052	1,80	2,16	1,98	1,728
		35	190	125	72	23	0,9	2,496	1,944	2,46	1,856	2,58	2,436	1,932
		50	235	155	80	26	1,3	3,12	2,724	3,096	2,70	3,18	3,024	2,544
		70	285	200	85	31	1,9	3,924	3,456	3,876	3,444	4,092	3,816	3,372
		95	340	245	86	35	2,5	4,956	4,344	4,986	4,344	5,184	4,968	4,404
	120	390	285	90	38	3,2	5,976	5,244	5,916	5,22	6,264	5,952	5,292	
	150	435	330	87	43	4,0	7,176	—	7,176	—	7,512	7,116	—	
	185	490	375	92	47	4,9	8,736	—	8,518	—	9,12	8,592	—	
	240	570	430	94	53	6,3	10,86	—	10,891	—	—	10,932	—	
	4	4	50	35	52	9	0,15	1,104	—	1,128	—	—	1,056	—
		6	60	45	56	11	0,2	1,212	1,116	1,236	1,14	—	1,167	1,068
		10	85	60	62	13	0,3	1,44	1,308	1,464	1,332	—	1,392	1,26
		16	115	80	65	17	0,5	1,776	1,62	1,764	1,62	—	1,68	1,548
		25	150	100	71	19	0,8	2,196	1,992	2,16	2,004	—	2,088	1,92
		35	175	120	72	23	1,1	2,70	2,448	2,628	2,436	—	2,616	2,412
50		215	145	80	26	1,5	3,372	3,12	3,336	3,06	—	3,276	3,048	
70		265	185	85	31	2,2	4,536	3,90	4,50	3,924	—	4,44	3,864	
95		310	215	86	35	2,9	5,532	4,956	5,436	4,932	—	5,508	4,992	
120		350	260	90	38	3,6	6,672	—	6,60	—	—	6,636	—	
150	395	300	87	43	4,6	8,016	—	7,92	—	—	7,944	—		
185	450	340	92	47	5,5	9,756	—	9,672	—	—	9,576	—		
3	3	6	70	45	56	80	0,16	1,612	1,352	1,573	1,325	1,56	1,495	1,235
		10	95	60	62	100	0,3	1,846	1,534	1,781	1,495	1,859	1,69	1,417
		16	120	80	65	125	0,4	2,249	1,794	2,171	1,755	2,444	2,08	1,677
		25	160	105	71	147	0,7	2,535	2,145	2,483	2,108	2,678	2,379	2,028
		35	190	125	72	173	0,9	3,081	2,613	2,99	2,548	3,107	2,951	2,509
		50	235	155	80	220	1,3	3,874	3,211	3,692	3,12	3,99	3,614	3,081
		70	285	200	85	230	1,9	4,667	3,978	4,589	3,939	4,836	4,511	3,851
		95	340	245	86	260	2,5	5,874	4,94	5,681	4,875	6,045	5,759	4,945
		120	390	285	90	290	3,2	6,949	—	6,825	—	7,254	6,851	—
		150	435	330	87	320	4,0	8,19	—	8,021	—	8,619	8,06	—
185	490	375	92	350	4,9	9,945	—	9,776	—	10,257	9,672	—		
240	570	430	94	420	6,3	12,155	—	11,986	—	—	12,025	—		
6	3	10	80	55	41	310	0,3	2,262	1,911	2,171	1,846	2,405	2,08	1,755
		16	105	65	46	370	0,4	2,639	2,171	2,548	2,093	2,73	2,457	2,002
		25	135	90	47	445	0,7	3,029	2,496	2,912	2,418	3,172	2,821	2,327
		35	160	110	49	524	0,9	3,549	2,277	3,484	2,912	4,407	3,419	2,873
		50	200	145	52	600	1,3	4,329	3,588	4,225	3,523	5,096	4,16	3,458
		70	245	175	59	690	1,9	5,226	4,290	5,096	4,238	6,071	5,031	4,173
		95	295	215	61	790	2,5	6,396	—	6,266	—	7,28	6,292	—
		120	340	250	64	865	3,2	7,527	—	7,384	—	7,982	7,41	—
		150	390	290	66	935	4,0	8,749	—	8,606	—	9,347	8,619	—
		185	440	325	70	1020	4,9	10,452	—	10,270	—	11,167	10,166	—
240	510	375	72	1150	6,3	12,727	—	12,493	—	—	12,532	—		

Продолжение табл. 26-1

Рабочее напряжение, кВ	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1% потери напряжения, м	Масса меди, т/км	Стоимость 1 км линии при прокладке нижеприведенных марок, тыс. руб.								
			При прокладке в траншее	При прокладке в кабельных каналах (туннелях)				В траншее		В канале, туннеле или по эстакадам		в блоках		По лоткам		
								СВ	АВ	СВГ	АВГ	СГТ	СВГ	АВГ		
			10	3				16	95	60	38	535	0,4	3,25	—	3,159
25	120	85			37	650	0,7	3,588	—	3,510	—	3,861	3,393	—		
35	150	105			42	730	0,9	4,134	—	4,017	—	4,407	3,952	—		
50	180	133			44	860	1,3	4,862	—	4,719	—	5,135	4,654	—		
70	215	165			45	1 010	1,9	5,746	—	5,577	—	6,084	5,499	—		
95	265	200			49	1 120	2,5	6,890	—	6,747	—	6,984	6,773	—		
120	310	240			53	1 210	3,2	8,003	—	7,852	—	8,513	7,878	—		
150	355	270			54	1 320	4,0	9,516	—	9,321	—	10,153	9,152	—		
185	400	305			58	1 440	4,9	11,089	—	10,868	—	11,973	10,764	—		
240	460	350			—	—	—	6,3	13,429	—	13,208	—	—	13,195	—	
20	3	25	110	85	30	1 420	0,7	ОСВ	—	—	—	—	—	—		
		35	135	100	33	1 620	0,9	—	—	—	—	—	—	—		
		50	165	120	36	1 890	1,3	—	—	—	—	—	—	—		
		70	200	150	38	2 180	1,9	10,795	—	—	—	—	—	—		
		95	240	180	39	2 460	2,5	11,653	—	—	—	—	—	—		
		120	275	205	40	2 720	3,2	12,558	—	—	—	—	—	—		
		150	315	230	41	2 960	4,0	14,102	—	—	—	—	—	—		
		185	355	265	44	3 250	4,9	—	—	—	—	—	—	—		
		35	3	70	195	145	36	3 920	1,9	ОСВ 18,369	—	—	—	—	—	—
				95	235	180	37	4 400	2,5	18,798	—	—	—	—	—	—
120	270			205	39	4 840	3,2	19,383	—	—	—	—	—	—		
150	310			230	40	5 270	4,0	20,982	—	—	—	—	—	—		

Примечание. Стоимости траншей, конструкций и лотков учитываются дополнительно по таблицам 26-7, 26-8.

Таблица 26-2

**Кабельные линии (кабели трехфазные, трех- и четырехжильные, с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией) без стоимости траншей, каналов и туннелей**

Рабочее напряжение, кВ	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1% потери напряжения, м	Масса алюминия, т/км	Стоимость 1 км линии при прокладке нижеприведенных марок, тыс. руб.					
			При прокладке в траншее	При прокладке в кабельных каналах (туннелях)				В траншее		В канале, туннеле и по эстакаде		По лоткам	
								АСВ	ААВ	АСВГ	ААВГ	АСВГ	ААВГ
			До 1	3				2,5	31	22	46	6	0,02
4	42	29			53	7	0,03	0,936	—	1,020	—	0,948	—
6	55	35			60	8	0,05	1,032	0,96	1,104	0,996	1,032	0,924
10	75	46			67	9	0,08	1,224	1,056	1,236	1,08	1,164	0,996
16	90	60			60	12	0,13	1,440	1,20	1,440	1,212	1,368	1,14
25	125	80			75	14	0,2	1,50	1,32	1,608	1,332	1,524	1,26
35	145	95			72	17	0,3	1,872	1,512	1,836	1,524	1,824	1,50
50	180	120			77	20	0,4	2,184	1,764	2,136	1,752	2,112	1,728
70	220	155			83	22	0,6	2,628	2,052	2,568	2,016	2,544	1,992
95	260	190			85	26	0,8	3,142	2,412	3,144	2,376	3,216	2,484
120	300	220			90	28	1,0	3,768	2,716	3,684	2,713	3,756	2,808
150	335	255			88	31	1,2	4,332	3,191	4,236	—	4,296	—
185	380	290			91	34	1,5	5,10	3,876	4,98	—	5,10	—
240	440	330			95	38	1,9	6,336	4,968	6,192	—	6,42	—

Продолжение табл. 26-2

Рабочее напряжение, кВ	Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1% потери напряжения, м	Масса алюминия, т/км	Стоимость 1 км линии при прокладке нижеприведенных марок, тыс. руб.							
			при прокладке в траншее	при прокладке в кабельных каналах (туннелях)				В траншее		В канале, туннеле и по эстакаде		По лоткам			
								АСБ	ААБ	АСБГ	ААБГ	АСБГ	ААБГ		
4	4	4	38	27	53	7	—	1,055	—	1,08	—	1,008	—		
		6	46	35	60	8	0,05	1,152	0,984	1,164	1,02	1,092	0,948		
		10	65	45	67	9	0,1	1,308	1,08	1,32	1,128	1,236	1,044		
		16	90	60	60	12	0,15	1,56	1,26	1,548	1,26	1,464	1,188		
		25	115	75	75	14	0,25	1,776	1,464	1,74	1,476	1,668	1,392		
		35	135	95	72	17	0,35	2,10	1,704	2,052	1,68	2,04	1,668		
		50	165	110	77	20	0,5	2,508	1,968	2,458	1,932	2,424	1,908		
		70	200	140	83	22	0,7	3,06	2,28	3,012	2,256	2,952	2,232		
		95	240	165	85	26	0,9	3,768	2,652	3,684	2,604	3,744	2,712		
		120	270	200	90	28	1,1	4,416	—	4,308	—	4,38	—		
		150	305	230	88	31	1,4	5,064	—	4,956	—	5,023	—		
		185	345	260	91	34	1,7	5,952	—	5,808	—	5,916	—		
		3	3	6	55	35	60	60	0,05	1,521	1,235	1,482	1,209	1,313	1,118
				10	75	46	67	73	0,08	1,677	1,326	1,625	1,30	1,404	1,209
16	90			60	60	98	0,13	1,95	1,482	1,898	1,443	1,534	1,352		
25	125			80	75	110	0,2	2,145	1,625	2,067	1,586	1,807	1,495		
35	145			95	72	130	0,3	2,457	1,872	2,366	1,807	1,976	1,768		
50	180			120	77	150	0,4	2,808	2,145	2,691	2,067	2,327	2,028		
70	220			155	83	175	0,6	3,302	2,457	3,211	2,392	2,652	2,353		
95	260			190	85	200	0,8	3,939	2,86	3,797	2,756	3,133	2,873		
120	300			220	90	220	1,0	4,55	—	4,394	—	3,874	—		
160	335			255	88	250	1,2	5,187	—	5,005	—	4,472	—		
185	380			290	91	270	1,5	5,98	—	5,642	—	5,083	—		
240	440			330	95	300	1,9	7,085	—	6,89	—	5,928	—		
3	3			10	60	42	40	185	0,08	2,132	1,729	2,041	1,664	1,963	1,573
				16	80	50	45	220	0,13	2,366	1,885	2,249	1,807	2,171	1,716
		25	105	70	50	260	0,2	2,60	2,028	2,43	1,95	2,405	1,859		
		35	125	85	51	310	0,3	2,99	2,301	2,86	2,236	2,821	2,197		
		50	155	110	54	360	0,4	3,406	2,561	3,315	2,483	3,185	2,444		
		70	190	135	59	410	0,6	3,90	2,834	3,77	2,756	3,705	2,717		
		95	225	165	61	470	0,8	4,537	3,25	4,381	—	4,459	—		
		120	260	190	61	510	1,0	5,174	3,588	5,282	—	5,057	—		
		150	300	225	67	560	1,2	5,798	3,978	5,59	—	5,655	—		
		185	340	250	69	600	1,5	6,591	4,615	6,396	—	6,630	—		
		240	390	290	70	680	1,9	7,683	5,291	7,397	—	7,709	—		
		10	3	16	75	46	39	400	0,13	3,042	2,132	2,886	—	2,795	—
				25	90	65	36	510	0,2	3,211	2,275	3,12	—	2,99	—
				35	115	80	42	560	0,3	3,601	2,574	3,471	—	3,393	—
50	140			105	44	660	0,4	4,004	2,847	3,861	—	3,796	—		
70	165			130	44	780	0,6	4,446	3,224	4,303	—	4,225	—		
95	205			155	50	860	0,8	5,07	3,848	4,888	—	4,966	—		
120	240			185	54	930	1,0	5,707	4,29	5,483	—	5,564	—		
150	275			210	56	1010	1,2	6,383	4,654	6,175	—	6,084	—		
185	310			235	57	1100	1,5	7,247	5,746	7,007	—	7,124	—		
240	355			270	58	1250	1,9	8,58	—	8,333	—	8,385	—		
20	3			25	85	65	31	1090	0,2	—	—	—	—	—	—
				35	105	75	34	1270	0,3	—	—	—	—	—	—
				50	125	90	36	1420	0,4	9,110	—	—	—	—	—
				70	155	115	37	1680	0,6	9,666	—	—	—	—	—
		95	185	140	39	1900	0,8	10,155	—	—	—	—	—		
		120	210	160	40	2120	1,0	10,652	—	—	—	—	—		
		150	240	175	41	2320	1,2	11,177	—	—	—	—	—		
		185	275	205	42	2540	1,5	—	—	—	—	—	—		
		35	3	50	119	100	31	2700	0,4	16,77	—	—	—	—	—
				70	150	110	35	3020	0,6	17,498	—	—	—	—	—
				95	180	140	37	3420	0,8	17,784	—	—	—	—	—
				120	210	160	36	3900	1,0	18,07	—	—	—	—	—
				150	240	175	37	4230	1,2	18,369	—	—	—	—	—

Таблица 26-3

Кабельные линии (кабели трехфазные, трех- и четырехжильные, с алюминиевыми жилами в пластмассовой оболочке) без стоимости траншей, конструкций и лотков

Рабочее напряжение, кВ	Число жил	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1% потери напряжения, м	Масса алюминия, т/км	Стоимость 1 км линии при прокладке, тыс. руб.			
			При прокладке в траншее	При прокладке в кабельных каналах (туннелях)				В траншее АПВБ	В канале, туннеле по эстакадам АПВГ	По лоткам АПВГ	
До 1	3	2,5	—	—	—	6	0,02	0,912	0,648	0,612	
		4	—	—	—	7	0,03	0,96	0,684	0,636	
		6	40	25	—	8	0,05	1,032	0,732	0,696	
		10	55	35	—	9	0,08	1,167	0,828	0,792	
		16	70	50	—	12	0,13	1,368	0,912	0,864	
		25	95	65	—	14	0,2	1,524	1,032	0,984	
		35	115	85	—	17	0,3	1,752	1,164	1,14	
		50	145	105	—	20	0,4	1,944	1,356	1,32	
		70	175	130	—	22	0,6	2,34	1,596	1,572	
		95	—	—	—	26	0,8	2,832	1,884	1,86	
		120	—	—	—	28	1,0	3,384	2,196	2,168	
		150	—	—	—	31	1,2	3,888	2,556	2,544	
	4	4	2,5	—	—	—	6	—	0,972	0,696	0,66
			4	—	—	—	7	—	1,008	0,72	0,684
			6	30	25	—	8	0,06	1,08	0,768	0,732
			10	45	35	—	9	0,1	1,212	0,864	0,828
			16	60	50	—	12	0,15	1,428	0,972	0,936
			25	90	60	—	14	0,25	1,656	1,14	1,092
			35	105	80	—	17	0,35	1,872	1,32	1,284
			50	130	100	—	20	0,5	2,206	1,56	1,524
70			160	120	—	22	0,7	2,568	1,836	1,812	
95			—	—	—	26	0,9	3,156	2,172	2,148	
120			—	—	—	28	1,1	3,54	2,508	2,472	
150			—	—	—	31	1,4	4,08	2,976	2,952	
6	3	10	—	—	—	185	0,08	1,937	1,339	1,30	
		16	—	—	—	220	0,13	2,067	1,586	1,547	
		25	—	—	—	260	0,2	2,301	1,742	1,703	
		35	—	—	—	310	0,3	2,535	2,067	2,028	
		50	—	—	—	360	0,4	2,899	2,21	2,171	
		70	—	—	—	410	0,6	3,406	2,587	2,548	
		95	—	—	—	470	0,8	3,978	2,938	2,899	
		120	—	—	—	510	1,0	4,537	3,341	3,302	
		150	—	—	—	560	1,2	4,992	3,835	3,796	
		10	3	16	—	—	—	400	0,13	3,90	3,445
25	—			—	—	510	0,2	4,355	3,861	—	
35	—			—	—	560	0,3	4,849	4,329	—	
50	—			—	—	660	0,4	5,278	4,719	—	
70	—			—	—	780	0,6	5,85	5,265	—	
95	—			—	—	860	0,8	6,617	5,902	—	
120	—			—	—	930	1,0	7,293	6,643	—	
150	—			—	—	1 010	1,2	8,034	7,371	—	
35	3	70	—	—	—	3 020	0,6	12,207	12,766	—	
		95	—	—	—	3 420	0,8	12,922	12,271	—	
		120	—	—	—	3 900	1,0	12,948	12,298	—	

Примечание. Стоимости траншей, конструкций и лотков учитываются дополнительно по таблицам 26-7, 26-8.



Таблица 26-5

## Контрольные кабели с медными и алюминиевыми жилами

Число жил	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Полная стоимость 1 км контрольных кабелей без учета каналов, туннелей, лотков, тыс. руб.															
		Прокладка в канале, туннеле и по эстакадам								Прокладка по лоткам							
		КВРЛ	АКВРЛ	АКНРЛ	АКВЛП	АКВЛП	АКВЛП	АКВЛП	АКВЛП	КВРЛ	АКВРЛ	АКНРЛ	КВРЛ	АКНРЛ	КВРЛ	АКВРЛ	КВРЛ
4	1,5	0,566	0,572	0,429	0,759	0,869	0,726	0,847	0,589	0,55	0,407	0,759	0,836	0,517	0,594	0,847	0,726
	2,5	0,632	0,66	0,517	0,869	1,012	0,836	0,99	0,605	0,627	0,495	0,902	0,924	0,572	0,792	0,924	0,803
	4	0,759	0,72	0,583	0,968	1,078	0,935	1,056	0,847	0,693	0,561	1,023	1,078	0,627	0,891	1,177	1,034
	6	—	1,248	0,907	1,226	1,21	1,199	1,199	1,463	1,221	0,88	1,727	1,32	0,968	1,111	1,859	1,023
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1,5	0,66	0,66	0,478	0,924	1,023	0,902	1,001	0,627	0,627	0,451	0,502	0,946	0,561	0,803	0,99	0,847
	2,5	0,759	0,77	0,594	1,089	1,177	1,056	1,155	0,726	0,737	0,561	1,089	1,111	0,649	0,935	1,111	0,946
	4	0,924	0,88	0,693	1,221	1,375	1,199	1,342	1,067	0,847	0,671	1,287	1,235	0,748	1,078	1,474	1,089
	6	—	1,369	1,127	—	1,507	—	1,465	1,705	1,32	1,10	2,101	1,628	1,078	1,342	2,189	1,287
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1,5	0,742	0,759	0,528	1,111	1,166	1,089	1,144	0,715	0,726	0,495	1,056	1,056	0,605	0,803	1,10	0,946
	2,5	0,885	0,88	0,665	1,254	1,364	1,232	1,391	0,858	0,847	0,638	1,276	1,276	0,726	0,902	1,254	1,037
	4	1,083	1,012	0,819	1,43	1,573	1,408	1,551	1,287	0,99	0,792	1,529	1,529	0,825	1,045	1,463	1,287
	6	—	1,65	1,38	—	1,716	—	1,694	2,134	1,628	1,353	2,63	2,079	1,265	1,254	1,694	1,507
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	1,5	0,869	0,869	0,561	1,298	1,353	1,265	1,32	0,886	0,836	0,539	1,221	1,199	0,683	0,88	1,254	1,067
	2,5	1,017	1,001	0,737	1,562	1,551	1,54	1,529	0,99	0,979	0,715	1,463	1,43	0,803	1,001	1,441	1,243
	4	1,248	1,16	0,924	1,782	1,76	1,76	1,76	1,507	1,133	0,902	1,848	1,848	0,946	1,177	1,705	1,496
	6	—	2,123	1,60	—	2,233	—	2,211	2,706	2,09	1,573	3,179	2,42	1,65	1,441	2,145	1,76
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	1,5	1,023	1,039	0,638	1,603	1,595	1,584	1,573	1,001	1,012	0,616	1,485	1,397	0,759	0,979	1,441	1,243
	2,5	1,259	—	—	—	—	—	—	1,232	—	—	—	—	—	1,144	1,672	1,419
19	1,5	1,259	1,27	0,742	2,057	1,947	2,035	1,914	1,232	1,243	0,715	1,782	1,65	0,858	1,111	1,672	1,419
	2,5	1,567	—	—	—	—	—	—	1,54	—	—	—	—	—	1,342	2,09	1,76
24	1,5	1,441	1,507	0,841	—	—	—	—	1,419	1,474	0,814	2,266	2,002	1,001	1,243	2,156	1,826
	2,5	1,886	—	—	—	—	—	—	1,859	—	—	—	—	—	1,529	2,596	2,233
37	1,5	1,952	2,025	1,111	—	—	—	—	1,925	1,991	1,078	3,082	2,677	1,353	1,551	2,871	2,519
	2,5	2,634	—	—	—	—	—	—	2,563	—	—	—	—	—	2,058	3,498	3,113

Таблица 26-6

## Траншеи с учетом переходов

Характеристика	Количество кабелей	Единица измерения	Стоимость, тыс. руб.		
			Грунт I категории	Грунт II категории	Грунт III категории
С учетом устройства переходов, разборки и восстановления мостовой, стоимости блоков, труб, кирпича и песка	1	1 пог. км	3,54	4,02	4,46
	2		4,98	5,630	6,170
	3		6,48	7,28	7,94
	4		8,02	9,04	9,86
	5		9,610	10,230	11,80
	6		11,150	12,590	13,73
	7		13,010	14,66	15,94
	8		14,89	16,67	18,10
	9		16,75	18,75	20,32
	10		18,63	20,82	22,558
Для шин заземления в талых грунтах		1 пог. км	0,36	0,46	0,56
То же в мерзлых грунтах			1,04	1,40	1,930

Таблица 26-7

## Траншеи без учета переходов

Характеристика	Количество кабелей	Единица измерения	Стоимость, тыс. руб.		
			Грунт I категории	Грунт II категории	Грунт III категории
С учетом стоимости кирпича и покрытия им кабеля, подготовка постели из земли для грунтов I и II категорий, для грунта III категории дополнительно учтена стоимость песка	1	1 пог. км	1,22	1,390	1,650
	2		1,52	1,68	1,96
	3		1,86	2,02	2,06
	4		2,27	2,470	2,84
	5		2,72	2,94	3,38
	6		3,12	3,390	3,890
	7		3,830	4,16	4,720
	8		4,54	4,86	5,480
	9		5,290	5,63	6,310
	10		6,030	6,40	7,140

Примечание. В стоимость траншей включена стоимость рытья и засыпки траншей ручным способом.

Таблица 26-8

## Блоки, каналы, туннели, эстакады

Наименование и характеристика	Число отверстий	Стоимость 1 км, тыс. руб.			
		Сухой грунт	Мокрый грунт		
Блоки	При числе отверстий (с учетом колодцев)	2	12,10	—	
		4	14,20	—	
		6	16,20	—	
		8	18,20	—	
		10	20,20	—	
По территории, включая переходы под железнодорожными путями и автодорогами	Каналы заглубленные	Сечение, мм			
		900×600	40,12	51,72	
		600×600	32,19	41,32	
	Каналы заглубленные усиленные	600×450	28,13	36,25	
		900×600	47,80	59,40	
		600×600	38,20	47,56	
	Каналы полузаглубленные	600×450	33,40	41,47	
		900×600	38,97	50,57	
		600×600	31,32	40,57	
			600×450	27,33	35,45



Продолжение табл. 26-8

Наименование и характеристика		Число отверстий	Стоимость 1 км, тыс. руб.	
			Сухой грунт	Мокрый грунт
Туннели	Проходные	2 000×2 200	74,00	87,50
	Полупроходные	1 500×6 000	120,00	144,00
Эстакады	Тип 1 (одноцепной) силовых кабелей 18—42 шт., контрольных кабелей 60—102 шт.		94,50	144,0
	Тип 2 (галерейный) силовых кабелей 54—126 шт., контрольных 180—306 шт.		142,50	225,00
	При совмещенной прокладке кабелей по эстакадам с технологическими трубопроводами		30,00	—

Примечание. В стоимости 1 км учтен весь комплекс строительных работ, включая стоимость материалов.

Таблица 26-9

## 26-2. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ

## Одноцепные воздушные линии 6—10 кВ

Марка	Провод		Потери мощности, кВт/км	Длительно допустимая токовая нагрузка, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м		Общая стоимость, тыс. руб.		
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км			6 кВ	10 кВ	На типовых деревянных опорах	На типовых деревянных опорах с железобетонными приставками	На типовых железобетонных опорах
А	25	0,21	84	135	210	340	—	—	1,085
	35	0,3	96	170	230	380	1,761	1,457	1,137
	50	0,43	106	215	260	430	1,882	1,570	1,237
	70	0,6	116	265	290	490	2,009	1,697	1,592
	95	0,81	130	320	320	540	2,243	1,968	1,681
	120	1,01	136	375	360	590	2,403	2,127	1,809
АС	16	0,19	82	105	190	316	1,492	1,260	
	25	0,29	85	130	210	348	1,528	1,310	1,121
	35	0,47	88	175	230	383	1,707	1,460	1,264
	50	0,61	113	210	253	422	1,834	1,632	1,435
	70	0,85	125	265	284	472	2,061	1,836	1,611
ПС	25	0,7	87	60	125	208	1,349	1,233	1,142
	35	1,0	102	75	130	216	1,400	1,284	1,157
	50	1,3	106	90	145	240	1,549	1,375	1,212
ПСО	4	0,31	—	30	—	—	—	—	914
ПСО	5	0,48	—	35	—	—	—	—	937

Таблица 26-10

## Одноцепные воздушные линии 35 кВ

Марка	Провод		Потери мощности, кВт/км	Длительно допустимая токовая нагрузка, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м	Общая стоимость, тыс. руб.		
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км				На унифицированных типовых деревянных опорах с тросами	На унифицированных типовых железобетонных промежуточных и анкерных металлических опорах с тросом	На типовых унифицированных металлических одиночных опорах с тросом
А	35	0,3	96	170	1 340	4,962	6,994	8,469
	50	0,43	106	215	1 510	5,078	6,914	8,562

Продолжение табл. 26-10

Марка	Провод		Потери мощности, кВт/км	Длительность допустимая токовая нагрузка, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м	Общая стоимость, тыс. руб.		
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км				На унифицированных типовых деревянных опорах с тросами	На унифицированных железобетонных промежуточных и анкерных металлических опорах с тросом	На типовых унифицированных металлических одноцепных опорах с тросом
А	70	0,6	116	265	1 720	5,344	7,003	8,134
	95	0,81	130	320	1 300	5,797	7,057	7,988
	120	1,01	136	375	2 080	5,983	7,622	8,162
	150	1,23	146	440	2 210	6,415	8,365	8,604
	185	1,56	152	500	2 400	—	8,591	9,083
	240	2,04	163	590	2 580	—	—	9,466
АС	35	0,47	88	175	1 340	5,066	7,099	8,573
	50	0,61	113	210	1 480	5,160	7,002	8,005
	70	0,86	125	265	1 650	5,418	7,127	7,931
	95	1,21	134	320	1 840	5,951	7,216	8,152
	120	1,54	140	380	2 050	6,188	7,833	8,562
	150	1,98	149	445	2 190	6,640	8,591	9,083
	185	2,38	161	510	2 340	—	8,867	9,371
	240	3,08	176	610	2 560	—	—	10,552
	300	3,88	184	690	—	—	—	11,066
	М	35	1,01	87	220	1 740	5,828	7,436
50		1,37	95	270	1 030	6,479	7,744	8,656
70		1,93	117	340	2 260	7,052	8,698	9,419
95		2,61	123	415	2 500	7,944	9,842	10,318
120		3,30	134	485	2 700	—	10,511	10,974

Таблица 26-11

## Двухцепные воздушные линии 35 кВ

Марка	Провод		Потери мощности на одну цепь, кВт/км	Длительность допустимая токовая нагрузка на одну цепь, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м	Общая стоимость, тыс. руб.	
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км				На унифицированных типовых двухцепных железобетонных промежуточных и анкерных металлических опорах с тросом	На унифицированных металлических двухцепных опорах с тросом
А	35	0,3	96	170	1 340	10,499	10,953
	50	0,4	106	215	1 510	10,458	11,151
	70	0,6	116	265	1 720	10,707	11,625
	95	0,81	120	320	1 900	11,021	11,946
	120	1,01	136	375	2 080	12,396	12,251
	150	1,26	146	440	2 210	13,389	12,731
	185	1,56	152	500	2 400	13,856	13,365
	240	2,04	163	590	2 580	—	14,151
АС	35	0,47	88	175	1 340	10,634	11,156
	50	0,61	113	210	1 480	10,714	11,390
	70	0,86	125	265	1 650	10,947	11,885
	95	1,21	134	320	1 840	11,348	12,267
	120	1,54	140	380	2 050	12,799	12,669
	150	1,91	149	445	2 190	13,841	13,361
	185	2,38	161	510	2 340	14,397	13,878
	240	3,08	176	610	2 560	—	16,016
	300	3,88	184	690	—	—	17,574
М	35	1,01	87	220	1 740	11,678	12,316
	50	1,37	95	270	2 030	12,410	13,077
	70	1,93	117	340	2 250	14,526	14,088
	95	2,61	123	415	2 500	16,432	15,832
	120	3,30	134	485	2 700	17,752	17,125

Таблица 26-12

## Одноцепные воздушные линии 110 кВ

Марка	Провод		Потери, мощности, кВт/км	Длительно допустимая токовая нагрузка, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м	Общая стоимость, тыс. руб.		
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км				На типовых унифицированных деревянных опорах с тросами	На типовых унифицированных железобетонных промежуточных и металлических анкерных опорах с тросом	На металлических унифицированных опорах с тросом
А	70	0,60	116	265	5 350	5,873	5,445	8,175
	95	0,81	130	320	5 940	6,038	5,483	8,329
	120	1,01	136	375	6 500	6,389	5,879	8,516
	150	1,20	146	440	6 900	6,621	6,336	8,733
	185	1,56	152	500	7 500	6,988	6,578	9,229
	240	2,04	163	590	8 100	6,736	7,702	9,605
АС	70	0,86	125	265	5 170	5,983	5,555	8,285
	95	1,21	134	330	5 750	6,198	5,650	8,483
	120	1,54	140	380	6 400	6,604	6,077	8,741
	150	1,91	149	445	6 850	6,897	6,567	9,218
	185	2,38	161	510	7 300	7,272	6,842	9,493
	300	3,06	176	610	7 960	9,028	8,021	10,685
		3,88	184	690	8 700	10,178	8,535	11,187
М	70	1,93	117	340	7 080	7,451	6,902	9,539
	95	2,61	123	415	7 850	8,190	7,821	10,466
	120	3,30	134	485	8 500	8,949	8,503	11,127

Таблица 26-13

## Двухцепные воздушные линии 110 кВ

Марка	Провод		Потери мощности на одну цепь, кВт/км	Длительно допустимая токовая нагрузка на одну цепь, А	Длина линий на 1% потери напряжения при полной нагрузке, м	Общая стоимость, тыс. руб.	
	Сечение, мм <sup>2</sup>	Масса, т/км				На унифицированных типовых железобетонных промежуточных и металлических анкерных двухцепных опорах с тросом	На унифицированных металлических двухцепных опорах с тросом
А	70	1,20	116	265	5 350	8,519	11,845
	95	1,62	130	320	5 940	8,722	12,215
	120	2,02	136	375	6 500	9,588	12,523
	150	2,52	146	440	6 900	10,588	12,733
	185	3,12	152	500	7 500	11,158	13,601
	240	4,08	163	590	8 100	12,954	14,341
АС	70	1,72	125	265	5 170	8,738	12,072
	95	2,62	134	330	5 750	9,035	12,535
	120	3,08	140	380	6 400	9,979	12,717
	150	3,82	149	445	6 850	11,045	13,579
	185	4,76	161	510	7 300	11,697	14,153
	300	6,12	176	610	7 960	13,619	16,292
		7,70	184	690	8 700	14,565	17,829
М	70	3,86	117	340	7 080	11,665	14,389
	95	5,22	123	415	7 850	13,587	16,170
	120	6,60	134	485	8 500	14,998	17,464

## 26-3. ПОДСТАНЦИИ

Таблица 26-14

## Комплектные трансформаторные подстанции с одним трансформатором

Напряжение, кВ	Мощность трансформатора, кВ·А	Тип и количество шкафов	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Кубатура подстанции, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.					
					электрической части				строительной части	полная
					оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе заработная плата		
6/0,4	180*	КРН-4	34	130	2 185	338	2 523	30	2 900	5 400
	320	КРН-3	34	130	2 415	357	2 766	30	2 900	5 700
	400**	КБ-1	35	150	2 116	455	2 570	30	2 755	5 300
	560*	КРН-2	33	135	4 255	481	4 736	35	2 900	7 600
	630**	КРН-6	52	280	8 740	728	9 468	60	4 785	14 250
	630***	КН-2	62	330	9 530	767	10 300	60	5 365	15 700
	1 000**	ШН-8	62	330	9 600	806	10 408	60	5 800	16 200
	1 000***	2ШН-2 КН-2 ШН-8 2ШН-2	62	330	10 100	806	11 000	60	5 100	16 100
10/0,4	100****	—	—	60	1 160	430	1 600	120	2 100	3 700
	160	—	—	60	1 580	470	2 050	130	2 130	4 200
	250	—	—	60	1 610	470	2 080	130	2 130	4 200
	400	—	—	60	1 860	450	2 300	130	2 130	4 400
	630	—	—	90	2 600	620	3 260	180	2 870	6 100
35/6—10	1 000	4	170	—	21 977	1 976	23 953	500	3 190	27 143
	1 600	4	170	—	23 000	2 041	25 041	520	3 190	28 231
	2 500	4	170	—	24 346	2 067	26 413	530	3 190	29 603
	4 000	4	170	—	26 496	2 366	28 862	630	3 190	32 052
	6 300	4	200	—	28 877	2 509	31 386	660	3 770	35 156
	10 000	4	200	—	36 260	2 886	39 146	730	3 770	42 916
	16 000	4	200	—	42 826	3 003	45 829	760	3 770	43 599
	160	—	—	—	1 656	338	1 994	120	—	1 994
250	—	—	—	1 840	330	2 178	120	—	2 178	
400	—	—	—	3 105	546	3 651	150	—	3 651	
<i>Мачтовые киоски</i>										
100	—	—	—	638	492	1 130	150	388	1 518	
160	—	—	—	759	492	1 251	150	388	1 639	
250	—	—	—	935	603	1 538	150	465	2 003	

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) передвижные

- \* Армянский завод.  
 \*\* Хмельницкий завод.  
 \*\*\* Чирчикский завод.  
 \*\*\*\* По сметам ГПИ коммунального хозяйства.

Таблица 26-15

## Комплектные трансформаторные подстанции с одним трансформатором и регулированием напряжения под нагрузкой

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Тип и количество шкафов	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.					
				электрической части				строительной части	полная
				оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе заработная плата		
35/6—10	10 000	4	200	43 229	3 120	46 349	750	3 770	50 119
	16 000	4	200	45 218	3 380	48 598	800	3 770	52 368
110/6—10	10 000	4	550	52 202	4 407	56 709	1 050	10 295	67 004
	16 000	4	550	53 305	4 836	63 141	1 130	10 295	73 436
110/35/6—10	10 000	4; 2	1 050	68 943	9 815	78 758	1 670	19 865	98 623
	16 000	4; 2	1 050	77 671	10 608	88 279	1 810	19 865	108 140

Таблица 26-15

## Типовые подстанции с одним трансформатором

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Тип подстанции	Тип и количество шкафов	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.					
					электрической части				строительной части	полная
					оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе зареботная плата		
35/6—10	4 000	ГПП-35-1	—	790	54 870	7 530	62 400	1 200	23 795	86 190
	6 300	ГПП-35-1	—	790	57 140	7 750	64 890	1 230	23 795	88 690
	10 000	ГПП-35-1	—	790	65 600	7 930	73 530	1 250	23 795	97 320
110/6—10	6 300	ГПП-110-1-1×6300А1	—	900	62 514	8 814	73 328	1 260	25 042	96 370
	10 000	ГПП-110-1-1×10000А1	—	900	75 084	9 660	84 740	1 430	25 042	109 790
	15 000	ГПП-110-1-1×15000А1	—	900	81 075	9 997	91 072	1 610	25 042	116 110
	15 000	ГПП-110-1-1×15000Б1	—	900	89 330	10 140	99 472	2 160	25 810	125 280
	20 000	ГПП-110-1-1×20000Б1	—	900	92 575	10 192	102 770	2 100	25 810	128 580

Таблица 26-17

## Комплектные трансформаторные подстанции с двумя трансформаторами

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Тип и количество шкафов	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Кубатура подстанции, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.					
					электрической части				строительной части	полная
					оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе зареботная плата		
6/0,4	2×320*	2КРН-3 КРН-5 КРН-6	52	210	6 400	600	7 000	40	4 350	11 400
	2×400**	КБ-2 КБ-3 КБ-4	70	285	5 000	820	5 800	60	5 200	11 000
	2×560*	2КРН-2 КРН-6 КРН-8	62	250	9 500	910	10 400	50	4 800	15 200
	2×630**	2КН-2 2КН-3 3КН-4	100	530	18 400	1 430	19 800	100	8 100	28 000
	2×630***	2ШН-8 ШН-10 4ШН-2	120	570	21 300	1 520	22 800	120	8 600	31 400
	2×1000***	2ШН-8 ШН-10 4ШН-2	120	670	23 800	1 560	25 300	120	8 800	34 100
	2×1000**	2КН-2 2КН-3 4КН-1	110	590	21 500	1 560	23 000	100	9 000	32 000
10/0,4	2×100****	—	—	120	3 880	975	4 850	270	3 900	8 700
	2×160	—	—	120	4 300	1 030	5 400	280	3 900	9 300
	2×250	—	—	120	4 750	1 040	5 800	290	3 900	9 700
	2×400	—	—	120	5 200	1 070	6 200	290	3 900	10 100
	2×630	—	—	190	6 900	1 300	8 100	350	5 100	13 300
35/6—10	2×1000	8	280	—	40 273	3 965	44 238	1 000	5 220	49 458
	2×1600	8	280	—	42 380	4 082	46 402	1 030	5 220	51 622
	2×2500	8	280	—	44 988	4 134	49 122	1 050	5 220	54 342
	2×4000	8	280	—	49 278	4 745	54 023	1 260	5 220	52 243
	2×6300	8	400	—	59 076	5 031	64 107	1 330	7 540	71 647
	2×10000	8	400	—	68 782	5 772	74 522	1 470	7 540	82 094
	2×16000	8	400	—	81 915	6 019	87 934	1 480	7 540	95 474

\* Армянский завод.

\*\* Хмельницкий завод.

\*\*\* Чирчикский завод.

\*\*\*\* По сметам ГПИкоммуэнергo.

Таблица 26-18

Комплектные трансформаторные подстанции с двумя трансформаторами и регулированием напряжения под нагрузкой

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Тип и количество шкафов	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.					
				электрической части				строительной части	полная стоимость
				оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе заработная плата		
35/6—10	2×10000	8	400	82 731	6 097	88 468	1 510	7 540	96 010
	2×16000	8	400	86 699	6 617	93 316	1 640	7 540	100 860
110/6—10	2×10000	8	1 300	102 074	8 814	110 890	2 240	24 505	135 395
	2×16000	8	1 300	114 209	9 672	123 970	2 420	24 505	148 480
110/35/6—10	2×10000	8; 4	2 600	138 070	19 630	157 700	3 400	49 300	207 000
	2×16000	8; 4	2 600	156 310	21 200	177 510	3 800	49 300	226 810

Таблица 26-19

Типовые подстанции с двумя трансформаторами

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Тип подстанции	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.					
				электрической части				строительной части	полная стоимость
				оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе заработная плата		
35/6—10	2×4000	ГПП-35-III-2×4000	1 310	108 790	13 220	121 990	2 500	36 453	158 440
	2×6300	ГПП-35-III-2×6300	1 310	113 321	16 663	126 980	2 540	36 453	163 440
	2×10000	ГПП-35-III-2×10000	1 310	130 226	14 014	144 240	2 600	36 453	180 693
	2×4000	ГПП-35-IV-2×4000	1 470	110 308	14 092	124 400	2 600	37 105	161 510
	2×4000	ГПП-35-IV-2×4000	1 170	110 664	14 703	125 367	2 680	52 838	178 210
	2×6300	ГПП-35-IV-2×6300	1 470	114 862	14 534	129 396	2 650	37 105	166 500
	2×6300	ГПП-35-IV-2×6300	1 170	115 207	15 158	130 365	2 730	32 838	183 200
	2×10000	ГПП-35-IV-2×10000	1 470	131 767	14 872	146 639	2 700	37 105	183 740
	2×10000	ГПП-35-IV-2×10000	1 170	132 124	15 496	147 620	2 770	52 838	200 460
	110/6—10	2×6300	ГПП-110-III-2×6300A2	1 490	124 165	15 496	139 662	3 000	38 976
2×6300		ГПП-110-III-2×6300A2	1 550	132 377	16 367	148 744	3 200	39 527	188 270
2×6300		ГПП-110-IV-2×6300A2	1 740	126 247	16 458	142 705	3 150	40 049	182 750
2×10000		ГПП-110-III-2×10000A2	1 490	149 339	16 874	166 213	3 300	38 976	205 490
2×10000		ГПП-110-III-2×10000A2	1 550	157 560	17 743	175 310	3 500	39 527	214 830
2×10000		ГПП-110-IV-2×10000A2	1 740	151 420	17 840	169 260	3 460	40 049	209 310
2×15000		ГПП-110-III-2×15000A2	1 490	160 820	17 240	178 050	3 420	38 950	217 030
2×15000		ГПП-110-III-2×15000A2	1 550	169 030	18 110	187 140	3 600	39 530	225 660
2×15000		ГПП-110-IV-2×15000A2	1 740	162 900	18 190	181 090	3 580	40 550	221 130
2×15000		ГПП-110-IV-2×15000B2	1 500	150 020	17 875	167 900	3 550	42 890	240 790
2×15000		ГПП-110-III-2×15000B2	1 600	188 830	18 750	206 980	3 800	43 515	250 480
2×15000		ГПП-110-IV-2×15000B2	1 790	182 100	18 850	200 950	4 000	44 037	244 990
2×20000		ГПП-110-III-2×20000B2	1 500	186 880	18 070	204 950	3 580	42 890	247 840
2×20000		ГПП-110-III-2×20000B2	1 600	194 790	18 940	213 730	3 850	43 515	257 240
2×20000		ГПП-110-IV-2×20000B2	1 790	184 058	19 048	203 103	4 050	44 040	247 140
2×20000		ГПП-110-III-2×20000B2P	1 630	232 900	22 520	255 410	4 550	47 010	302 420
2×20000		ГПП-110-III-2×20000B2P	1 660	241 120	23 480	264 600	4 720	47 560	312 160
2×20000		ГПП-110-IV-2×20000B2P	1 850	234 980	23 570	258 550	4 700	47 980	306 530
2×31000		ГПП-110-III-2×31000B2P	1 630	250 125	23 370	273 500	4 750	47 010	320 510
2×31000		ГПП-110-III-2×31000B2P	1 660	257 800	24 340	282 130	4 870	47 560	329 690
2×31000	ГПП-110-IV-2×31000B2P	1 850	252 230	24 430	276 660	4 900	47 980	324 640	
2×40000	ГПП-110-III-2×40000B2P	1 630	264 840	23 780	288 620	4 800	47 010	335 630	
2×40000	ГПП-110-III-2×40000B2P	1 660	270 600	24 740	295 280	4 980	47 560	342 840	
2×40000	ГПП-110-IV-2×40000B2P	1 850	264 400	24 830	289 230	5 000	47 980	337 210	

Трансформаторы 6—10 кВ для КТП

Таблица 26-20

Наименование	Масса, т	Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.					Полная стоимость
			электрической части				строительной части	
			оборудования	монтажных работ	Итого	В том числе заработная плата		
<i>Тип ТНЗ</i>								
ТНЗ-160/10	2,7	40	5 082	123	5 205	35	744	5 949
ТНЗ-250/10	3,6	40	6 534	160	6 694	50	744	7 438
ТНЗ-400/10	6,0	60	10 164	246	10 410	80	1 116	11 526
ТНЗ-630/10	7,5	90	12 463	287	12 750	105	1 674	14 424
ТНЗ-1000/10	8,7	90	13 673	344	14 017	120	1 674	15 691
<i>Тип ТМЗ</i>								
ТМЗ-160/10	2,2	40	1 001	117	1 118	30	744	1 862
ТМЗ-250/10	3,1	40	1 309	148	1 457	50	744	2 201
ТМЗ-400/10	5,1	60	1 870	234	2 104	80	1 116	3 220
ТМЗ-630/10	6,4	90	3 894	271	4 165	90	1 674	5 839
ТМЗ-1000/10	7,2	90	4 499	287	4 786	105	1 674	6 460

Таблица 26-21

Внутренняя установка трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Напряжение, кВ	Тип	Мощность трансформатора, кВ·А	Масса меди, т	Потери, кВт		Масса, т		Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		
				холостого хода	нагрузочные (номинальные)	оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
10	Сухие	100	0,1	0,8	2,5	1,4	0,01	25	1 740	465	2 205
		250	0,15	2,6	4,9	2,5	0,01	34	2 480	620	3 105
		400	0,26	3,5	7,4	3,8	0,01	50	3 735	870	4 605
		630	0,3	4,0	8,8	4,7	0,02	58	4 500	1 010	5 510
		1 000	0,4	—	—	—	5,2	0,02	58	6 970	1 010
10	Масляные	100	0,07	0,4	1,6	1,0	0,05	25	740	465	1 205
		160	0,1	0,6	2,7	1,4	0,05	34	910	620	1 530
		250	0,15	0,9	3,8	1,8	0,05	34	1 155	620	1 775
		400	0,26	1,2	5,6	3,2	0,07	59	1 665	1 040	2 705
		630	0,3	2,1	8,4	4,3	0,08	84	2 000	1 475	3 475
		1 000	0,4	3,8	12,7	5,0	0,08	84	3 081	1 473	4 555
		1 600	0,6	5,3	18	9,0	0,1	100	4 500	1 752	6 252
		2 500	0,9	7,2	23,5	13,2	0,1	200	5 486	3 488	8 974
35	Масляные	4 000	1,2	10	33,5	19,2	0,12	270	7 744	4 728	12 270
		6 300	1,5	14,2	46,5	25,2	0,15	390	9 571	6 851	16 422
		100	0,09	0,9	2,4	1,7	0,02	25	1 400	465	1 865
		160	0,12	1,5	4,1	2,3	0,02	41	1 813	775	2 588
		250	0,17	2,3	6,2	2,9	0,02	45	2 050	775	2 825
		400	0,31	3,4	9,4	4,2	0,02	49	2 625	930	3 555
		630	0,48	3,6	10	6,6	0,03	75	3 592	1 395	4 990
1 000	0,55	3,7	12,2	9,3	0,03	130	4 559	2 325	6 880		
1 600	0,83	5,0	18	13,7	0,03	200	5 561	3 255	8 820		
2 500	0,92	6,8	25	19,7	0,03	280	7 192	4 650	11 840		
4 000	1,18	9,5	33,5	22,8	0,03	280	10 831	4 650	15 480		
6 300	1,5	13,5	47	25,3	0,03	250	11 971	4 650	16 620		

Таблица 26-22

Наружная установка трехфазных двухобмоточных трансформаторов

Напряжение, кВ	Мощность трансформаторов, кВ·А	Масса меди, т	Потери, кВт		Масса, т		Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.		
			холостого хода	нагрузочные (номинальные)	оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
10*	100	0,07	0,4	1,6	1,1	0,6	17	1 009	140	1 150
	160	0,1	0,6	2,7	1,5	0,6	17	1 188	140	1 330
	250	0,15	0,9	3,8	1,9	0,6	17	1 430	140	1 570
	400	0,26	1,2	5,6	3,3	0,7	22	1 907	170	2 080
	630	0,3	2,1	8,4	4,5	0,7	25	2 280	202	2 480
	1 000	0,4	3,8	12,7	5,2	0,7	25	3 661	202	3 865

Продолжение табл. 26-22

Напря- жение, кВ	Мощ- ность транс- форма- торов, кВ·А	Масса меди, т	Потери, кВт		Масса, т		Пло- щадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.		
			холос- того хода	нагру- зочные (номи- нальные)	оборудо- вания	матери- алов		электри- ческой части	строи- тельной части	полная
10*	1 600	0,6	5,3	18	9,2	1,0	40	5 203	310	5 115
	2 500	0,9	7,2	23,5	13,4	1,0	50	6 072	388	6 460
	4 000	1,2	10	33,5	19,4	1,0	65	8 324	504	8 830
	6 300	1,5	14,2	46,5	25,2	1,0	80	9 705	620	10 325
35*	100	0,09	0,9	2,4	1,7	0,03	100	1 487	1 860	3 347
	160	0,12	1,5	4,1	2,3	0,03	100	1 752	1 860	3 612
	250	0,17	2,3	6,2	2,9	0,03	100	2 127	1 860	3 987
	400	0,31	3,4	9,4	4,1	0,03	100	2 718	1 860	4 578
	630	0,48	3,6	10	6,6	0,03	150	3 716	2 790	6 506
	1 000	0,55	4,2	11,6	9,2	0,03	150	4 554	2 790	7 344
	1 600	0,7	5,3	18	14	0,04	150	5 561	2 790	8 351
	2 500	0,92	6,8	25	18	0,04	150	7 500	2 790	10 290
	4 000	1,18	9,5	33,5	20	0,04	200	9 775	3 720	13 495
	6 300	1,5	13,5	47	23	0,04	200	12 202	3 720	15 922
	10 000	1,85	22	70	25	0,04	200	16 841	3 720	20 561
16 000	2,8	33	95	32	0,04	200	23 277	3 720	26 997	
35**	100	0,09	1,2	2,8	1,7	0,03	100	2 344	1 860	4 204
	160	0,12	2,1	3,9	2,3	0,03	100	2 941	1 860	4 801
	250	0,17	2,9	8,3	2,9	0,03	100	3 349	1 860	5 409
	400	0,31	3,8	10,8	4,4	0,03	100	4 221	1 860	6 081
	630	0,48	4,2	12	7,6	0,03	150	5 445	2 790	8 235
	1 000	0,55	5,1	18	10	0,05	150	6 417	2 790	9 207
	1 600	0,7	6,5	23	15	0,05	150	7 822	2 790	10 612
	2 500	0,92	8	29	19	0,05	150	9 494	2 790	12 284
	4 000	1,18	12	37	22	0,05	200	10 620	3 720	14 340
	6 300	1,5	15	50	25	0,05	200	12 221	3 720	15 941
	10 000	1,85	24	78	28	0,05	200	24 530	3 720	28 250
16 000	2,8	39	122	32	0,05	200	26 071	3 720	29 791	
25 000	3,4	42	145	39	0,05	200	38 026	3 720	41 746	
32 000	5,9	73	160	58	0,05	200	43 833	3 720	47 553	
110**	6 300	1,5	32	68	45	0,05	400	30 244	7 440	37 680
	10 000	1,9	37	74	53	0,05	400	33 078	7 440	40 520
	16 000	2,8	50	130	62	0,06	400	40 447	7 440	47 890
	25 000	3,4	85	180	71	0,06	400	51 893	7 440	59 330
	32 000	5,9	95	195	88	0,06	400	56 270	7 440	63 710
	40 000	6,7	125	220	98	0,1	400	59 913	7 440	67 350
	63 000	9,4	150	275	120	0,1	400	85 423	7 440	92 860

\* Без регулирования под нагрузкой.

\*\* С регулированием напряжения под нагрузкой.

Таблица 26-23

## Наружная установка трехфазных трехобмоточных трансформаторов с РПН на напряжение 110 кВ

Мощность трансфор- матора, кВ·А	Масса, т	Потери, кВт		Масса, т		Пло- щадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.		
		холос- того хода	нагрузоч- ные (номи- нальные)	оборудо- вания	матери- алов		электри- ческой части	строи- тельной части	полная
10 000	2,4	47	72	58	0,06	500	30 244	7 440	37 680
16 000	3,8	65	140	75	0,06	500	33 078	7 440	40 520
25 000	4,6	64	140	88	0,1	500	40 447	7 440	47 890
32 000	6,9	65	150	103	0,1	500	51 893	7 440	59 330
40 000	8,3	135	300	124	0,15	500	56 270	7 440	63 710
63 000	12,4	190	355	162	0,2	500	59 913	7 440	67 350
80 000	18,0	210	450	180	0,2	500	85 423	7 440	92 860



Реакторы РБ и РБА на 6 кВ (3 фазы)

Таблица 26-24

Номинальный ток, А	Реактивное сопротивление, %	Потери на три фазы, кВт	Масса, т		Объем, м³	Стоимость, руб.		
			оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
200	4	5,1	1,8	0,11	75	1 075	850	1 925
200	8	7,5	1,7	0,11	75	1 240	850	2 090
300	4	6,9	1,5	0,11	75	1 090	850	1 940
300	8	10,5	1,5	0,11	75	1 340	850	2 190
400	4	7,8	1,3	0,11	75	1 110	850	1 960
400	6	11,4	1,4	0,11	75	1 275	850	2 125
400	8	12,6	1,6	0,11	75	1 405	850	2 255
500	[4	8,7	1,7	0,13	85	1 295	950	2 245
500	8	13,5	2,5	0,13	85	1 675	950	2 625
600	4	8,5	1,7	0,13	85	1 400	950	2 350
600	6	13,8	1,8	0,13	85	1 465	950	2 415
600	10	18,6	2,7	0,13	85	1 945	950	2 895
1 000	6	15,6	1,9	0,15	90	2 280	1 050	3 330
1 000	10	24,6	2,4	0,15	90	2 760	1 050	3 810
1 500	5	19,8	3,2	0,23	95	2 550	1 080	3 630
1 500	6	20,1	3,3	0,23	95	2 665	1 080	3 745
1 500	8	25,5	3,1	0,23	95	2 965	1 080	4 045
1 500	10	28,8	3,5	0,23	95	3 275	1 080	4 355
2 000	6	24,0	3,3	0,34	100	3 385	1 130	4 515
2 000	8	33,4	3,4	0,34	100	3 570	1 130	4 700
2 000	10	37,2	3,5	0,34	100	3 600	1 130	4 730
2 000	12	40,5	3,6	0,34	100	3 455	1 130	4 585
3 000	8	54,8	4,3	0,44	100	3 985	1 130	5 115
3 000	10	45,3	4,4	0,44	100	4 065	1 130	5 195
3 000	12	54,3	4,6	0,44	100	4 395	1 130	5 525
4 000	8	46,5	4,9	0,6	110	4 515	1 250	5 765
4 000	10	52,8	5,1	0,6	110	4 930	1 250	6 180
4 000	12	66	5,3	0,6	110	5 030	1 250	6 300

Реакторы РБ и РБА на 10 кВ (3 фазы)

Таблица 26-25

Номинальный ток, А	Реактивное сопротивление, %	Потери, кВт	Масса, т		Кубатура, м³	Стоимость, руб.		
			оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
200	4	7	1,6	0,11	75	1 205	850	2 055
200	8	10	2,4	0,11	75	1 550	850	2 400
300	4	9	1,4	0,11	75	1 375	850	2 225
300	8	15	1,7	0,11	75	1 755	850	2 605
400	4	11,56	3,0	0,11	75	1 550	850	2 400
400	6	15	2,3	0,11	75	1 700	850	2 550
400	8	17	2,7	0,11	75	1 800	850	2 650
500	4	15	2,2	0,11	85	1 625	950	2 575
500	8	19	3,4	0,11	85	2 275	950	3 225
600	4	13,08	2,7	0,11	85	1 775	950	2 725
600	6	19,38	2,3	0,11	85	1 940	950	2 890
600	10	26	3,3	0,11	85	2 560	950	3 510
1 000	6	21,6	4,4	0,14	90	2 890	1 050	3 940
1 000	6	33,6	5,7	0,14	90	3 640	1 050	4 690
1 500	5	28	3,3	0,15	95	3 080	1 080	4 160
1 500	6	33,3	4,1	0,15	95	3 195	1 080	4 275
1 500	8	36,9	4,2	0,15	95	3 710	1 080	4 790
1 500	10	44,4	3,8	0,15	95	3 775	1 080	4 855
2 000	6	40	3,6	0,26	100	3 655	1 130	4 785
2 000	8	42,3	3,8	0,26	100	4 150	1 130	5 280
2 000	10	56,7	4,0	0,26	100	5 205	1 130	6 335
2 000	12	56,7	4,6	0,26	100	3 980	1 130	5 110
3 000	8	57	4,8	0,36	100	4 250	1 130	5 380
3 000	10	70	5,2	0,36	100	4 410	1 130	5 540
3 000	12	77	6,1	0,36	100	4 755	1 130	5 885
4 000	8	68	5,6	0,52	110	4 650	1 250	6 200
4 000	10	76	5,8	0,52	110	5 250	1 250	6 500
4 000	12	109,6	6,8	0,52	110	5 715	1 250	6 965

Таблица 26-26

## Реакторы двоянные 6—10 кВ с алюминиевыми обмотками (3 фазы)

Номинальный ток, А	Реактивное сопротивление, %	Потери, кВт	Масса, т		Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		
			оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
<i>РБАС на 6 кВ</i>								
2×600	4	18,9	3,4	0,2	85	2 280	950	3 230
2×600	6	25,8	3,5	0,2	85	2 420	950	3 380
2×1000	4	25,35	3,4	0,23	90	2 840	1 050	3 890
2×1000	8	36,69	3,3	0,23	90	2 990	1 050	4 040
2×1000	10	44,4	3,6	0,23	90	3 085	1 050	4 135
2×1500	6	45,9	4,8	0,32	95	3 580	1 050	4 660
2×1500	10	57,6	5,2	0,32	95	4 055	1 080	5 135
2×2000	8	58,5	5,2	0,54	100	4 680	1 130	5 810
2×2000	12	86,7	6,3	0,54	100	5 240	1 130	6 370
2×2500	10	84,9	6,5	0,64	100	5 740	1 130	6 870
2×2500	12	94,2	6,8	0,64	100	5 970	1 130	7 100
2×2500	15	122,7	8,1	0,64	100	6 465	1 130	7 595
2×3000	12	114	7,7	0,74	110	6 585	1 250	7 835
2×3000	15	112,5	9,0	0,74	110	6 990	1 250	8 240
<i>РБАС на 10 кВ</i>								
2×600	4	24	4,8	0,2	85	3 280	950	4 230
2×600	6	23,7	5,2	0,2	85	3 670	950	4 620
2×1000	4	93,3	5,9	0,23	90	3 220	1 050	4 270
2×1000	8	54,3	5,1	0,23	90	3 725	1 050	4 775
2×1000	10	66	5,5	0,23	90	3 940	1 050	4 990
2×1500	6	60,6	8,2	0,32	95	4 545	1 080	5 625
2×1500	10	84,6	5,9	0,32	95	4 885	1 080	5 965
2×2000	8	87,3	6,5	0,54	100	5 035	1 130	6 765
2×2000	10	121,8	8,5	0,54	100	6 510	1 130	7 640
2×2500	12	115,2	8,1	0,64	100	6 925	1 130	8 055
2×2500	15	126,3	9,0	0,64	100	7 420	1 130	8 550
2×2500	15	160,8	11,0	0,64	100	7 895	1 130	9 025
2×3000	12	154,5	10,5	0,74	110	8 050	1 250	9 300
2×3000	15	174	11,0	0,74	110	8 560	1 250	9 810

Таблица 26-27

## Реакторы двоянные 6—10 кВ с малыми потерями тока, с алюминиевыми обмотками

Номинальный ток, А	Реактивное сопротивление, %	Потери, кВт	Масса, т		Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.		
			оборудования	материалов		электрической части	строительной части	полная
<i>РБАСМ на 6 кВ (3 фазы)</i>								
2×600	4	12,75	3,1	0,2	85	2545	950	3 495
2×600	6	17,1	3,8	0,2	85	2950	950	3 900
2×1000	4	20,4	4,8	0,23	90	3140	1 050	4 190
2×1000	8	32,4	6,0	0,23	90	3675	1 050	4 725
2×1000	10	35,7	5,7	0,23	90	4185	1 050	5 235
2×1500	6	30,3	7,5	0,32	95	5370	1 080	6 450
2×1500	10	41,7	7,9	0,32	95	5770	1 080	6 850
2×2000	8	51,6	7,5	0,54	100	5980	1 130	7 110
2×2000	10	78,9	7,9	0,54	100	6045	1 130	7 175
2×2500	12	68,4	7,6	0,64	100	6230	1 130	7 360
2×2500	12	91,2	8,9	0,64	100	6710	1 130	7 840
2×2500	15	102	9,3	0,64	100	7205	1 130	8 335
<i>РБАСМ на 10 кВ (3 фазы)</i>								
2×600	4	17,22	4,2	0,2	85	3 125	950	4 075
2×600	6	23,7	5,2	0,2	85	3 575	950	4 525
2×1000	4	27	8,2	0,23	90	4 010	1 050	5 060
2×1000	8	40,8	6,8	0,23	90	4 720	1 050	5 770
2×1000	10	47,4	7,9	0,23	90	5 250	1 050	6 300
2×1500	6	38,4	10,3	0,32	95	6 720	1 080	7 800
2×1500	10	61,5	11,1	0,32	95	7 050	1 080	8 130
2×2000	8	100,8	10,4	0,54	100	7 480	1 130	8 610
2×2000	12	104,7	10,9	0,54	100	7 510	1 130	8 640
2×2500	10	106,8	10,4	0,64	100	7 695	1 130	8 825
2×2500	12	118,2	10,9	0,64	100	8 125	1 130	9 255
2×2500	15	136,5	12,4	0,64	100	8 925	1 130	10 055

Таблица 26-28

## Закрытые распределительные устройства

Наименование	Тип привода или трансформатора напряжения	Номинальный ток, А	Масса оборудования, т	Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.					
					электрической части			В том числе зарплата	Строительной части	Полная
					Оборудование	Монтаж и материалов	Итого			
<i>Закрытые распределительные устройства до 10 кВ с одной системой шин (КСО-2УМ)</i>										
Ввод и трансформатор напряжения	НТМИ (НТМК)	600	0,62	25	590	41	630	16	378	1005
Ввод или отходящая линия с ВМП	ППМ (П)	1000	0,89	25	1750	58	1808	24	378	2183
	ПЭ (ПС)	1000	0,85	25	1540	58	1598	24	378	1972
Ввод или отходящая линия с ВМП	ППМ (П)	1500	1,3	50	2310	89	2399	34	756	3159
	ПЭ (ПС)	1500	1,2	50	2150	89	2239	34	756	2995
Ввод от силового трансформатора с ВМП	ППМ (П)	1500	1,23	50	2285	100	2385	40	756	3141
	ППМ (П)	3000	1,33	50	2690	100	2790	40	756	3544
	ПЭ (ПС)	1500	1,15	50	2060	100	2160	40	756	2920
	ПЭ (ПС)	3000	1,25	50	2360	100	2460	40	756	3118
Ввод от силового трансформатора и трансформатора собственных нужд ТМ до 69 кВ	ППМ (П)	1500	1,41	50	2600	100	2700	40	756	3458
	ППМ (П)	3000	1,52	50	2970	100	2870	40	756	3822
	ПЭ (ПС)	1500	1,36	50	2480	100	2580	40	756	3333
	ПЭ (ПС)	3000	1,39	50	2740	100	2840	40	756	3592
Проходной ввод с ВМП	ППМ (П)	1500	1,26	50	2285	100	2385	40	756	3141
	ПЭ (ПС)	1500	1,18	50	2060	100	2160	40	756	2920
Ввод и трансформатор собственных нужд ТМ-25/10, ОМ-4/10	ППМ (П)	1500	1,4	50	2680	100	2780	40	756	3534
	ПЭ (ПС)	1500	1,37	50	2580	100	2680	40	756	3438
Отходящая линия с ВМП	ППМ (П)	1500	0,83	25	1710	58	1768	24	378	2145
	ПЭ (ПС)	1500	0,73	25	1420	58	1478	24	378	1857
Отходящая линия	ПР-2	400	0,4	25	442	41	483	16	378	861
Отходящая линия или ввод	ПРА-17	400	0,36	25	451	58	509	24	378	887
Отходящая линия или ввод	ПРА-17	400	0,41	25	547	58	605	24	378	983
Секционный разъединитель	ПР-2	600	0,07	25	144	41	185	16	378	563
Секционный выключатель ВМП с трансформатором напряжения НТМИ (НТМК)	ППМ (П)	1500	1,7	50	2477	100	2577	40	756	3333
	ППМ (П)	3000	1,75	50	2803	100	2903	40	756	3659
	ПЭ (ПС)	1500	1,6	50	2467	200	2567	40	756	3323
	ПЭ (ПС)	300	1,65	50	2630	100	2730	40	756	3486
Секционный выключатель ВМП	ППМ (П)	1500	1,2	50	2131	100	2231	40	756	2987
	ППМ (П)	3000	1,3	50	2400	100	2500	40	756	3256
	ПЭ (ПС)	1500	1,2	50	2122	100	2222	40	756	2978
	ПЭ (ПС)	300	1,3	50	2285	100	2385	40	756	3141
Трансформатор напряжения НТМИ (НТМК), НОМ	НТМИ	400	0,6	25	557	41	598	16	378	976
Разрядники	РВМ (РВП)	400	0,55	25	374	41	415	16	378	793
Трансформатор напряжения и разрядники РВМ (РВП)	НТМИ НТМК	400	0,77	25	643	41	684	16	378	1062
Трансформатор напряжения с конденсатором	НТМИ НТМК	400	0,62	25	499	41	540	16	378	918
Для реакторного пуска электродвигателя с ВМП	ППМ (П)	1500	1,9	75	3456	147	3603	58	1134	4737
	ПЭ (ПС)	1500	1,85	75	3456	147	3574	58	1134	4708
Для реакторного пуска и динамического торможения электродвигателя с ВМП	ППМ (П)	1000	2,45	100	4435	206	4641	82	1512	6153
	ПЭ (ПС)	1000	2,35	100	4416	206	4622	82	1512	6134
Для автотрансформаторного пуска и динамического торможения электродвигателя с ВМП	ППМ (П)	1000	3,2	125	5760	264	6024	106	1890	7914
	ПЭ (ПС)	1000	3,1	125	5664	264	5928	106	1890	7818
Отходящая линия к трансформатору со схемой $\Delta/\Delta$ с ВМП	ППМ (П)	1500	0,85	25	1872	58	1930	24	378	2308
	ПЭ (ПС)	1500	0,8	25	1766	58	1824	24	378	2202
Резервная камера, (ввод, заземление сборных шин)	ПР-2	1500	0,34	25	278	30	308	10	378	686

Продолжение табл. 26-28

Наименование	Тип привода или трансформатора напряжения	Номинальный ток, А	Масса оборудования, т	Кубатура, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.					
					Электрической части			В том числе зарплата	Строительной части	Полная
					Сборочная	Монтажа и материалов	Итого			
<i>Комплектные распределительные устройства (КРУ2-10ПЭ)</i>										
Ячейка с выключателем ВМП с приводом	ППМ-10	600	1,2	27	2 602	55	2 657	24	405	3 060
	ПЭ-11	1 250 600 1 250	1,1	27	2 400	55	2 455	24	405	3 855
Ячейка с трансформатором напряжения	НОМ6-10 НТМИ6-10	—	0,9	27	1 258	44	1 302	17	405	1 710
Ячейка с разъединителем или кабельная сборка	—	600 1 250	0,8	27	768	44	812	17	405	1 220
Ячейка с разрядниками	—	—	0,8	27	778	44	814	17	405	1 220
Ячейка с трансформатором собственных нужд ТМ-2	—	600	0,9	27	1 238	44	1 282	17	405	1 690
Шиннопроводы	—	—	0,2	—	557	44	601	10	—	600
<i>Комплектные распределительные устройства КРУ (К-IIIУ)</i>										
Ячейка с выключателем ВМП с приводом	ППМ-10	400	1,2	27	1 699	55	1 754	24	405	2 160
	ПЭ-11	900	1,1	27	1 555	55	1 610	24	405	2 015
Ячейка с трансформатором напряжения	НТМИ	—	1,0	27	528	44	572	17	405	980
Ячейка с трансформатором напряжения и разрядниками	НТМИ (НТМК)	—	1,1	27	624	44	668	17	405	1 070
Ячейка с разрядниками	—	—	0,9	27	384	44	428	17	405	830
Ячейка с трансформатором собственных нужд	—	—	0,9	27	480	44	524	17	405	930
Ячейка с предохранителями	—	—	1,0	27	336	44	380	17	405	785
<i>ЗРУ 35 кВ с одной системой шин</i>										
Масляные выключатели	ВМК-35	—	2,3	100	2 486	1 056	3 542	290	1 485	5 030
	ВМ-35	—	1,9	100	936	770	1 706	255	1 485	3 190
	МКП-35	—	4,5	100	1 680	825	2 505	270	1 485	3 990
	МГ-35	—	1,8	160	1 306	869	2 175	300	2 430	4 605
Воздушные выключатели	ВВН-35	—	3,2	160	4 176	9 625	5 139	285	2 430	7 570
Трансформатор напряжения	НОМ-35	—	1,5	85	547	330	877	100	1 350	2 230
Разрядник РВС-35	—	—	0,6	85	326	341	666	100	1 350	2 015
<i>ЗРУ 35 кВ с двумя системами шин</i>										
Масляные выключатели	ВМК-35	—	2,5	170	2 630	1 144	3 774	300	2 565	6 340
	ВМ-35	—	2,1	170	1 032	874	1 907	250	2 565	4 470
	МКП-35	—	4,7	170	1 776	924	2 700	295	2 565	5 265
	МГ-35	—	2,2	180	1 406	913	2 319	300	2 700	5 020
Воздушные выключатели	ВВН-35	—	3,5	180	4 882	1 155	5 437	350	2 700	8 140
Трансформатор напряжения	НОМ-35	—	0,9	85	518	324	843	100	1 350	2 195
Разрядник РВС-35	—	—	0,7	85	326	335	662	110	1 350	2 010
<i>ЗРУ 110 кВ с одной системой шин</i>										
Воздушный выключатель	ВВН-110	—	11,4	1 100	14 088	1 386	15 756	360	15 660	31 120
Выключатель	МГ-110	—	11,0	1 100	6 278	1 078	7 356	180	15 660	23 020
Трансформатор напряжения и разрядник РВС-110	НКФ-110	—	7,4	1 100	4 056	864	4 920	235	15 660	20 580
<i>ЗРУ 110 кВ с двумя системами шин</i>										
Воздушные выключатели	ВВН-110	—	12,2	1 100	14 664	1 573	16 237	410	15 660	31 900
Воздушный выключатель шинносоединительный и секционный	ВВН-110	—	11,4	1 100	14 232	1 452	15 684	380	15 660	31 345
Выключатель	МГ-110	—	11,9	1 100	6 701	1 364	8 065	230	15 660	23 725

Таблица 26-29

## Открытые распределительства

Наименование	Масса оборудо- вания, т	Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.						
			Электрической части				Строитель- ной части	Полезная	
			Оборудо- вания	Монтаж- ных работ	Итого	В том чис- ле зар- плата			
<i>Комплектные распределительные устройства до 10 кВ с одной системой шин КРУН (К-УIV)</i>									
Ячейка с масляным выключателем ВМГ с приводом ППМ	1,0	5	1 386	62,5	1 448	20	88	1 536	
ПП(УПГП)	0,9	5	1 242	62,5	1304,5	20	88	1 390	
Ячейка с масляным выключателем ВМП	1,5	5	2 061	62,5	2123,5	20	88	2 210	
и приводом ППМ	1,4	5	1 917	62,5	1979,5	20	88	2 065	
и приводом ПП(УПГП)									
Ячейка с трансформатором напряжения и разрядниками	0,8	5	792	50	842	20	88	930	
Ячейка с трансформатором напряжения	0,65	5	720	50	770	20	88	860	
Ячейка с разрядниками	0,5	5	594	50	644	20	88	730	
Ячейка секционирования с разъединительными контактами	0,5	5	720	50	770	20	88	860	
Ячейка с трансформатором собственных нужд до 63 кВ·А	1,8	5	945	125	1 070	40	88	1 160	
<i>Комплектные распределительные устройства до 10 кВ с одной системой шин КРУН (К-УII)</i>									
Ячейка с масляным выключателем МГГ и приводом ПЭ-2	1,2	5	1 800	62,5	1862,5	20	88	1 950	
Ячейка секционирования с выключателем МГГ	0,9	5	1 530	62,5	1592,5	20	88	1 680	
Ячейка секционирования с выключателем МГГ	0,7	5	900	50	950	20	88	1 038	
Шкаф ввода с разъединителем	0,6	5	720	50	770	20	88	860	
Ячейка с трансформатором собственных нужд 100 кВ·А	1,6	5	990	162,5	1152,5	40	88	1 240	
Ячейка с трансформатором собственных нужд 160 кВ·А	1,8	5	1 170	175	1 345	40	88	1 435	
<i>ОРУ 35 кВ с одной системой шин на железобетонных конструкциях</i>									
Один ввод с ИКЗ и ЗРВС	0,9	100	493	286	779	50	1 680	2 460	
Один ввод с 1РЛНД, 10Д, ИКЗ и ЗРВС	1,7	150	977	418	1 395	60	2 520	3 920	
Один ввод с 2РЛНД, 10Д, ИКЗ и ЗРВС	2,1	200	1 122	704	1 826	110	3 360	5 190	
Один ввод с 3РЛНД, 10Д, ИКЗ и ЗРВС	3,3	250	1 589	836	2 425	140	4 200	6 630	
Два ввода с 2РЛНД, 20Д, ИКЗ и ЗРВС	3,7	300	1 887	1 155	3 042	200	5 040	8 080	
Выключатели	ВМК-35	4,0	200	2 201	616	2 817	180	3 360	6 180
	ВБ-35	2,4	200	1 071	440	1 511	140	3 360	4 870
	ВБД-35	3,0	200	1 394	484	1 878	160	3 360	5 240
	ВМ-35	2,3	200	1 309	429	1 738	110	3 360	5 100
	ВМД-35	2,4	200	1 360	462	1 822	120	3 360	5 180
	МКП-35	5,0	200	1 675	506	2 181	120	3 360	5 540
	МГ-15	2,2	200	1 504	385	1 889	100	3 360	5 250

Продолжение табл. 26-29

Наименование		Масса оборудо- вания, т	Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.					
				электрической части				строитель- ной части	полная
				оборудо- вания	монтаж- ных работ	Итого	В том чис- ле зар- плата		
Короткозамы- катели	КЗ-35	0,4	150	298	187	485	35	2 520	3 010
Трансформа- тор напря- жения	НОМ-35	1,7	150	756	242	998	70	2 520	3 520
Разрядник	РВС-35	0,8	150	340	132	472	30	2 520	3 000
Отделители	ОД-35/600	0,8	200	348	297	645	45	3 360	4 010
<i>ОРУ 35 кВ с двумя системами шин на железобетонных конструкциях</i>									
Два ввода с	4РЛНД; 2КЗ; 6РВС	4,3	400	2 006	957	2 963	180	6 720	9 680
Два ввода с	4РЛНД; 20Д; 2КЗ; 6РВС	5,2	500	2 694	1 342	4 036	240	8 400	12 440
Два ввода с	3РЛНД; 30Д; 2КЗ; 6РВС	5,1	500	2 813	1 397	4 210	240	8 400	12 610
Выключатели	ВМК-35	4,3	350	2 635	792	3 427	230	5 880	9 310
	ВБ-35	2,8	350	1 309	605	1 914	190	5 880	7 790
	ВБД-35	3,4	350	1 743	660	2 403	210	5 880	8 240
	ВМД-35	3,1	350	1 709	682	2 391	160	5 880	8 270
	МКП-35	5,0	350	2 108	726	2 834	160	5 880	8 710
	МГ-35	2,4	350	1 827	561	2 388	140	5 880	8 270
<i>ОРУ 110 кВ с одной системой шин на железобетонных конструкциях</i>									
Один ввод с	КЗ и 3РВС	1,5	100	850	308	1 158	60	1 680	2 840
Один ввод с	1РЛНД; 10Д; 1КЗ; 3РВС	3,5	150	1 700	539	2 239	90	2 520	4 760
Один ввод с	2РЛНД; 10Д; 1КЗ; 3РВС	5,8	200	2 609	924	3 533	160	3 360	6 890
Один ввод с	3РЛНД; 10Д; 1КЗ; 3РВС	7,3	250	2 822	1 100	3 922	190	4 200	8 120
Два ввода с	2РЛНД; 20Д; 1КЗ; 3РВС	7,4	300	3 136	1 375	4 511	260	5 040	9 530
Выключатели	ВМК-110	14	500	6 477	1 287	7 764	180	8 420	16 180
	МКП-110м	22,3	500	6 605	1 210	7 815	320	8 420	16 240
	МГ-110	10	500	5 840	561	6 401	150	8 420	14 820
	ВВН-110	11,4	500	13 116	693	13 809	160	8 420	22 290
Отделитель	ОД-110/600	1,7	250	570	374	944	70	4 200	5 140
Разъединитель	РОНЗ-110/600	1,8	250	757	275	1 032	60	4 200	5 230
Короткозамы- тель	КЗ-110	1,0	250	340	187	527	40	4 200	4 730
Трансформатор напряжения	НКФ-110	4,8	200	3 137	297	3 434	60	3 360	6 790
Разрядник	РВС-110	3,2	200	1 020	209	1 229	40	3 360	4 590

Продолжение табл. 26-29

Наименование	Масса оборудо- вания, т	Площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость, руб.						
			электрической части				строитель- ной части	полная	
			оборудо- вания	монтаж- ных работ	Итого	В том чис- ле зар- плата			
<i>ОРУ 110 кВ с двумя системами шин на железобетонных конструкциях</i>									
Два ввода с 4РЛНД, 2КЗ, 6РВС	9,4	400	3 570	1 331	4 901	290	6 720	11 620	
Два ввода с 4РЛНД; 20Д; 2КЗ; 6РВС	11,0	500	4 632	1 771	6 403	380	8 400	14 800	
Два ввода с 3РЛНД; 30Д; 2КЗ; 6РВС	10,4	500	4 734	1 815	6 549	380	8 400	14 950	
Выключатели	ВМК-110	17	700	7 140	1 716	8 856	380	11 760	20 620
	МКП-110м	24,3	700	7 514	1 518	9 032	350	11 760	10 790
	МГ-110	11,9	700	6 715	880	7 595	200	11 760	19 360
	ВВН-110	13,0	700	14 008	990	14 998	220	11 760	26 760

Таблица 26-30

## Стоимость строительной части зданий, металлоконструкций, наружного освещения и заземления

Наименование и краткая характеристика	Единица измерения	Стоимость, руб.
Закрытые подстанции		
При общем объеме, м <sup>3</sup>	1 м <sup>3</sup>	0,016
{ 250	»	0,0135
{ 500	»	0,012
{ 1000	»	0,0114
{ 2000		
Открытые подстанции	камера 1 м <sup>2</sup>	
Строительная часть	То же	1,50
Вентиляция реакторной камеры	»	0,012
КТП { на металлических конструкциях	»	0,013
{ на железобетонных конструкциях		
Установка конструкций в каналах и туннелях		
Лотки штампованные	т	0,52
Сборные конструкции при количестве полок { 3	на 100 компл.	0,15
{ 4	»	0,17
{ 5	»	0,19
Наружное освещение подстанций		
Светильник на опоре	шт.	0,05
Прожектор на мачте	»	0,24
Светильник без учета опор	»	0,01
Прожектор без учета мачт	»	0,09
Заземление		
Шины { в распределительных устройствах	1 пог. м	0,94
{ внутри здания	»	0,56
{ снаружи	»	0,28
Электроды, масса 1 шт. = 0,02 т	шт.	0,003
Противопожарное оборудование и оборудование по технике безо- пасности		
Подстанции 6—10 кВ	1 компл.	0,20
Подстанции 35 кВ	»	0,25
Подстанции 110 кВ	»	0,40

Примечания: 1. В стоимость 1 м<sup>3</sup> здания включена стоимость электроосвещения и сантехнических работ.

2. В стоимость 1 м<sup>2</sup> ОРУ и КТП входит стоимость всего комплекса строительных работ в пре-

делах ограды, застраиваемой части ОРУ и КТП, включая рельсовые и безрельсовые дороги на территории, опорные и пролетные конструкции шинных мостов, каналы, лотки и ограду.

## 26.4. КОНДЕНСАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Таблица 26-31

## Конденсаторные установки напряжением 0,38; 6 и 10 кВ

Наименования	Электрическая часть						Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	Масса, т		Стоимость, руб.				Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
	Оборудования	Материалов	Оборудования	Монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата			
<i>Конденсаторные установки напряжением 0,38 кВ внутренней установки</i>									
ККУ-0,38-I; 80 квар	0,35	0,005	775	25	800	10	25	280	1 080
ККУ-0,38-III; 160 квар	0,7	0,005	1 535	50	1 585	20	30	340	1 925
ККУ-0,38-III; 150 квар с БРВ-1	0,73	0,005	1 680	65	1 745	30	30	340	2 085
ККУ-0,38-V; 280 квар	1,05	0,01	2 335	70	2 405	35	50	560	2 965
ККУ-0,38-V; 280 квар с БРВ-1	1,08	0,01	2 485	90	2 575	40	50	560	3 135
<i>Конденсаторные установки напряжением 6—10 кВ внутренней установки</i>									
КУ-6-I; 330 квар	1,3	0,01	1 605	110	1 715	50	40	450	2 165
КУ-6-I; 330 квар с БРВ-2	1,33	0,01	1 745	125	1 870	60	40	450	2 320
КУ-6-II; 500 квар	1,7	0,01	2 355	155	2 510	70	50	560	3 070
КУ-6-II; 500 квар с БРВ-2	1,73	0,01	2 500	170	2 670	80	50	560	3 230
КУ-10-I; 330 квар	1,3	0,01	1 620	110	1 730	50	40	450	2 180
КУ-10-I; 330 квар с БРВ-2	1,33	0,01	1 760	125	1 885	60	40	450	2 335
КУ-10-II; 500 квар	1,7	0,01	2 360	155	2 515	70	50	560	3 075
КУ-10-II; 500 квар с БРВ-2	1,73	0,01	2 505	170	2 675	80	50	560	3 235
<i>Конденсаторные установки напряжением 6—10 кВ наружной установки</i>									
КУН-6-II; 420 квар	1,2	0,01	2 060	80	2 140	40	10 м <sup>2</sup>	80	2 220
КУН-6-II; 420 квар с БРВ-2	1,23	0,01	2 200	95	2 295	45	10 м <sup>2</sup>	80	2 375
КУН-10-II; 400 квар	1,4	0,01	2 160	80	2 240	40	10 м <sup>2</sup>	80	2 320
КУН-10-II; 400 квар с БРВ-2	1,3	0,01	2 305	95	2 400	45	10 м <sup>2</sup>	80	2 480

Примечания: 1. Ячейки комплектных конденсаторных установок приняты производства Усть-Каменогорского конденсаторного завода.

2. В стоимость конденсаторных установок с блоком регулирования по времени суток включена стоимость электрических вторичных часов типа ЭВ4С.

## 26.5. АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Таблица 26-32

## Кислотные (свинцовые) аккумуляторные батареи 24—220 В

Напряжение, В	Тип батареи	Емкость, А·ч	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
			Оборудования	Монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
<i>Кислотные (свинцовые)</i>									
24	БСТЭ-128	128	135	200	335	70	16	180	515
	ЗСТЭ-135	135	145	200	345	70	16	180	525
	Остальные стартерные	100	110	200	310	70	12	140	450
48	БСТЭ-128	128	250	260	510	90	25	280	790
	ЗСТЭ-135	135	270	260	530	80	25	280	810
	Остальные стартерные	100	185	260	445	80	25	280	725
110	С-3 и СК-3	108	1 285	875	2 160	270	140	1 600	3 700
	С-4 и СК-4	144	1 620	965	2 585	280	140	1 600	4 185
	С-5 и СК-5	180	1 895	1 000	2 895	300	140	1 600	4 495
	С-6 и СК-6	216	2 135	1 120	3 255	340	150	1 700	4 955
	С-8 и СК-8	288	2 590	1 140	3 730	350	150	1 700	5 430
	С-10 и СК-10	360	3 215	1 225	4 440	375	160	1 800	6 240
	С-12 и СК-12	432	3 690	1 270	4 960	380	160	1 800	6 760
	С-14 и СК-14	504	4 325	1 330	5 655	410	170	1 950	7 605
	С-16 и СК-16	576	4 835	1 430	6 265	435	170	1 950	8 215
	С-18 и СК-18	648	5 415	1 530	6 945	475	180	2 050	8 995
	С-20 и СК-20	720	5 960	1 640	7 600	480	180	2 050	9 650



Продолжение табл. 26-32

Напряжение, В	Тип батареи	Емкость, А·ч	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
			Оборудования	Монтаж и материалы	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
220	С-3 и СК-3	108	2 415	1 390	3 805	420	200	2 300	6 105
	С-4 и СК-4	144	3 085	1 560	4 645	445	200	2 300	6 945
	С-5 и СК-5	180	3 635	1 740	5 375	490	200	2 300	7 675
	С-6 и СК-6	215	4 115	2 135	5 250	575	220	2 500	8 750
	С-8 и СК-8	288	5 030	2 170	7 200	590	220	2 500	9 700
	С-10 и СК-10	360	6 280	2 325	8 605	640	240	2 700	11 305
	С-12 и СК-12	432	7 225	2 415	9 640	650	240	2 700	12 340
	С-14 и СК-14	504	8 515	2 575	11 090	710	250	2 800	13 890
	С-16 и СК-16	576	9 520	2 760	12 280	760	260	3 000	15 280
	С-18 и СК-18	648	10 680	2 960	13 640	840	270	3 100	16 740
С-20 и СК-20	720	11 770	3 180	14 950	859	270	3 100	18 050	
110	СП-105 и СПК-105	105	900	875	1 775	275	140	1 600	3 375
	СП-140 и СПК-140	140	1 100	905	2 005	280	140	1 600	3 605
	СП-175 и СПК-175	175	1 315	940	2 255	300	140	1 600	3 855
	СП-210 и СПК-210	210	1 530	985	2 515	300	140	1 600	4 115
220	СП-105 и СПК-105	105	1 650	1 395	3 045	420	200	2 300	5 345
	СП-140 и СПК-140	140	2 070	1 455	3 525	435	200	2 300	5 825
	СП-175 и СПК-175	175	2 475	1 515	3 990	475	200	2 300	6 290
	СП-210 и СПК-210	210	2 910	1 600	4 510	475	200	2 300	6 810

Примечания: 1. Установка аккумуляторных батарей 24—48 В принята в шкафах.  
2. В УПС аккумуляторных батарей учтены: аккумуляторы, стеллажи, проходные плиты, метал-

локонструкции, ошиновка аккумуляторных батарей, заземление, а также оборудование и материалы, необходимые для эксплуатации.

Таблица 26-33

## Щелочные аккумуляторные батареи 24—220 В

Напряжение, В	Тип батареи	Емкость, А·ч	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
			Оборудования	Монтаж и материалы	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
<i>Щелочные железоникелевые</i>									
24	ЖН-22	22	70	180	250	60	16	190	440
	ЖН-45	45	105	180	285	60	22	250	535
	ЖН-60	60	145	190	335	60	27	310	645
48	ЖН-22	22	115	250	365	70	38	430	795
	ЖН-45	45	180	250	430	70	50	570	1 060
	ЖН-60	60	265	250	515	70	58	660	1 175
110	ЖН-100	100	830	705	1 535	200	84	950	2 485
	ТЖН-250	250	1 750	1 400	3 150	400	108	1 250	4 400
	ТЖН-300	300	2 005	1 410	3 415	400	108	1 250	4 665
	ТЖН-350	350	2 330	1 450	3 780	400	160	1 800	5 580
	ТЖН-500	500	2 875	1 495	4 370	400	160	1 800	6 170
220	ЖН-100	100	1 500	1 140	2 640	280	150	1 700	4 340
	ТЖН-250	250	3 355	2 440	5 795	690	225	2 550	8 345
	ТЖН-300	300	3 855	2 460	6 315	690	225	2 550	8 865
	ТЖН-350	350	4 510	2 530	7 040	690	225	2 550	9 590
	ТЖН-500	500	5 600	2 610	8 210	690	225	2 550	10 760

Примечания: 1. Установка аккумуляторных батарей 24—48 В предусмотрена в шкафах.  
2. В УПС аккумуляторных батарей учтены: аккумуляторы, стеллажи, проходные плиты, метал-

локонструкции, ошиновка аккумуляторных батарей и заземление, а также оборудование и материалы, необходимые для эксплуатации.

## 26-6. ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА

Таблица 26-34

## Зарядные устройства 24—220 В

Тип установки	Мощность, кВт	Выпрямленные		Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
		Напряжение, В	Ток (закс.), А	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
<i>Селеновые выпрямители</i>										
ВСА-4	—	120, 240	2	70	20	90	10	8	90	180
ВСА-5	—	0—64	0—12	80	20	100	10	7	80	180
ВСА-6М	—	12; 24	12; 24	70	20	90	10	8	90	180
ВСА-11А	—	26—80	0,25—8	90	20	110	10	7	80	190
ВУСП-22	—	210, 240	100	395	20	415	10	8	90	505
<i>Купроксные выпрямители</i>										
ВУ-2М	—	26—110	2—4	300	20	320	10	11	130	450
<i>Ртутные выпрямители (стеклянные)</i>										
ВАРЗ-12/24-12	—	12; 24	12	80	30	110	10	16	180	290
ВАРЗ-12/24-20	—	12; 24	20	90	30	120	10	16	180	300
ВАРЗ-120-30	—	120	30	170	30	200	10	16	180	380
ВАРЗ-24/80—30/5	—	24; 80	30,6	190	30	220	10	20	230	450
<i>Двигатели-генераторы напряжения постоянного тока 115/160 или 230/320 В</i>										
А-41-4 ПН-10	1,7 0,85	—	—	170	50	220	20	20	230	450
А-41-4 ПН-17,5	1,7 1,1	—	—	190	50	240	20	20	230	470
А-42-4 ПН-28,5	2,8 1,7	—	—	210	50	260	20	25	280	540
А-51-4 ПН-45	4,5 2,6	—	—	230	50	280	20	25	280	560
А-524 ПН-68	7,0 4,2	—	—	270	80	350	30	25	280	630
А-61-4 ПН-85	10 6,0	—	—	320	80	400	30	25	280	680
А-62-4 ПН-100	14 10,5	—	—	600	80	680	30	25	280	960
А-71-4 ПН-145	20,5 14,5	—	—	720	100	820	40	25	280	1 100
А-72-4 ПН-205	28 25	—	—	940	100	1 040	40	25	280	1 320
А-81-4 ПН-290	40 33	—	—	1 070	100	1 170	40	33	280	1 450
А-91-4 ПН-400	75 52	—	—	1 550	180	1 730	60	33	280	2 010
<i>Агрегаты зарядные (напряжение постоянного тока 24/35 и 48/72 В)</i>										
АЗД-4-30	4	24—36	138—111	220	80	300	30	25	280	580
АЗД-7,5-30	7,5	24—36	250—208	335	100	435	40	25	280	715
АЗДМ-7,5-60	7,5	48—72	125—104	340	100	440	40	25	280	720
АЗД-12-60	12	48—72	200—167	430	100	530	40	25	280	810
<i>Агрегаты зарядные кремниевые</i>										
ВА-230-70	—	230	70	1 840	45	1 885	15	16	180	2 065

Примечание. В зарядных агрегатах учтена пускорегулирующая аппаратура.

## 26-7. ПАНЕЛИ, ЩИТЫ, ШКАФЫ

Таблица 26-35

## Распределительные панели ПО и шкафы ШО

Наименование	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
Линейные: с БПВ	185	45	230	20	25	280	510
с установочными автоматами: 4×200 А	295	45	340	20	25	280	620
6×100 А	360	60	420	30	25	280	700
С воздушными автоматами до 1 000 А с рычажным приводом	245	35	280	15	25	280	560
до 1 000 А с электродвигательным приводом	370	45	415	20	25	280	695
Вводные: СБВ и БПВ	160	40	200	15	25	280	480
с воздушным автоматом до: 1 000 А	440	70	510	25	25	280	790
1 500 А	680	70	750	25	25	220	1 030
2 000 А	810	70	880	25	25	280	1 160
Секционные: СБВ	160	35	195	15	25	280	475
с воздушным автоматом и аппаратурой АВР до: 1 000 А	730	85	815	45	25	280	1 095
1 500 А	1 090	155	1 245	50	25	280	1 525
2 000 А	1 215	160	1 375	50	25	280	1 655
Торцевые	25	10	35	5			35
Конденсаторные: 80 квар (вводные)	285	60	345	25	25	280	625
120 квар (дополнительные)	150	60	210	25	25	280	490

Примечание. В УПС учтена стоимость всего оборудования, необходимого для данных типов панелей.

Таблица 26-36

## Распределительные панели ПД и шкафы ШД

Наименование	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
Линейные: СБПВ	180	50	230	25	25	280	510
С установочными автоматами: 4×200 А	280	35	315	15	25	280	595
2×600 А	390	45	435	22	25	280	715
С воздушными автоматами до 1 000 А с рычажным приводом	280	30	310	12	25	280	590
до 1 000 А с электродвигательным приводом	380	35	415	15	25	280	695
Вводные: СБВ и БПВ	220	35	255	15	25	280	595
С воздушным автоматом с рычажным приводом до: 1 000 А	320	55	375	20	25	280	655
1 500 А	500	55	555	20	25	280	835
2 000 А	600	55	655	20	25	280	935
Секционные: СБВ	160	30	190	10	25	280	470
С воздушным автоматом с рычажным приводом до: 1 000 А	320	40	360	17	25	280	640
1 500 А	500	80	580	30	25	280	860
2 000 А	640	90	730	30	25	280	1 010
Торцевые	25	10	35	5	25	280	315

Примечание. При применении панелей с электродвигательным приводом стоимость оборудования увеличивается на 120 руб., монтажные работы на 12 руб., зарплата на 4 руб.

Таблица 26-37

## Панели управления типа ЭПП

Наименование	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
Панель блоков питания							
ЭПП-541-63	1 150	45	1 195	25	25	280	1 475
ЭПП-542-63	1 650	60	1 710	30	25	280	1 990
Панель защиты минимального напряжения электродвигателей и частотного пуска АВР ЭПП-543-63	900	85	985	40	35	280	1 265
Панель собственного расхода ЭПП-502-64	450	60	510	25	25	280	790
Панель центральной сигнализации ЭПП-503-64	400	60	460	30	25	280	740
Панель управления автоматки и защиты секционного выключателя 6—10 кВ и секционного отделения ЭПП-509-64	1 400	115	1 515	55	25	280	1 795
Панель управления сигнализации, автоматки и защиты секционного выключателя 6—10 кВ ЭПП-510-64	900	65	965	30	25	280	1 245
Панель управления защиты и сигнализации трансформатора 35—110/6—10 ЭПП-523-64	700	115	815	50	25	280	1 095
Панель автоматки дистанционного регулирования напряжения и секционного выключателя 6—10 кВ ЭПП-561-64	420	60	480	30	25	280	760
Панель промежуточного реле автоматки и регулирующего напряжения ЭПП-562-64	660	85	745	40	25	280	1 025
Станция автоматического ввода резервного питания ПЭП-8701-53А2	400	45	445	15	25	280	725

Таблица 26-38

## Панели распределительные серии ЩО-59 и ЩОБ-59

Наименование	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
<i>Панели ЩО-59</i>							
Линейные:							
с рубильником и предохранителем	150	40	190	20	25	280	470
с установочными автоматами 4×200 А	250	40	290	20	25	280	570
6×100 А	350	50	400	25	25	280	680
с воздушным автоматом до 1 000 А	380	35	415	15	25	280	695
Вводные:							
с рубильниками и предохранителями	135	35	170	15	25	280	450
с воздушным автоматом до 1 000 А	400	50	450	15	25	280	730
1 500 А	610	50	660	15	25	280	940
Секционные:							
до 1 000 А	85	15	100	6	25	280	380
с воздушным автоматом до 1 000 А	400	35	435	15	25	280	715
Торцовые:							
с приводом и разъединителем	55	15	70	6	—	—	70
без привода	8	10	18	4	—	—	18
<i>Панели ЩОБ-59</i>							
Линейные	120	50	170	22	25	280	450
Вводные	125	40	165	15	25	280	445
Секционные	60	20	80	10	25	280	360
Торцовые	10	10	20	5	—	—	20

Таблица 26-39

## Панели распределительные типа ПРС-I, ПРС-II

Наименование	Стоимость электрической части, руб.				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
	оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата	Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
Линейные:							
с рубильниками и предохранителями	170	35	205	15	25	280	485
с установочными автоматами 4×200 А	270	35	305	15	25	280	585
2×600 А	380	40	420	20	25	280	700
с воздушными автоматами до 1 000 А	380	30	410	12	25	280	690
1 500 А	500	60	560	20	25	280	840
Вводные:							
с рубильниками и предохранителями	170	35	205	15	25	280	485
с установочными автоматами	250	35	285	15	25	280	565
с воздушными автоматами до 1 000 А	430	50	480	20	25	280	760
1 500 А	650	55	705	20	25	280	985
2 000 А	860	55	915	20	25	280	1 195
Секционные:							
с рубильниками	110	20	130	10	25	280	410
с установочными автоматами	220	20	240	10	25	280	520
с воздушными автоматами до 1 000 А	380	35	415	15	25	280	695
1 500 А	760	80	840	30	25	280	1 120
1 500 А	25	10	35	4	—	—	35
Торцовые							

Примечание. В УПС учтена стоимость всего оборудования, необходимого для данных типов панелей.

Таблица 26-40

## Панели распределительные типа ПНН и щитки

Наименование	Масса, т	Электрическая часть				Строительная часть		Общая стоимость, руб.
		Стоимость, руб.				Объем, м <sup>3</sup>	Стоимость, руб.	
		оборудования	монтажа и материалов	Итого	В том числе зарплата			

## Панели ПНН на оперативном переменном токе

Вводная 1500 А с АВР	0,23	600	70	670	25	25	280	950
Линейная	0,2	410	40	450	15	25	280	730
Секционная с автоматом и электродвигательным приводом	0,22	660	90	750	40	25	280	1 030

## Панели ПНН на оперативном постоянном токе

Вводные: до 1 500 А с АВР	0,2	550	60	610	25	25	280	890
до 1 000 А	0,12	240	30	270	10	25	280	350
Для трансформатора собственных нужд до 400 кВ·А	0,12	200	25	225	10	25	280	305
Линейная до 400 А с рубильниками, предохранителями	0,14	220	30	250	10	25	280	530
До 1 000 А с рубильниками с предохранителями и блоком КУ-94	0,11	360	60	420	25	25	280	700
С установочными автоматами до 200 А	0,15	280	25	305	10	25	280	585
С установочными автоматами до 600 А	0,2	500	40	540	20	25	280	820
Управление зарядными и подзарядным агрегатами	0,17	200	25	225	10	25	280	505
Секционная с рубильником до 1 500 А и АВР	0,18	250	40	290	15	25	280	570

## Щитки

Щиток учета с 4 трехфазными счетчиками	0,02	70	15	85	10	4	50	135
Релейный с 6 реле	0,06	140	20	160	10	4	50	210
Релейный с 7 реле	0,05	80	20	100	10	4	50	150
Сигнализации	0,05	60	20	80	10	4	50	130
Управления с реостатом, вольтметром и амперметром	0,04	40	10	50	10	4	50	100
Аккумуляторной батареи 24—48 В	0,03	90	20	110	10	4	50	160

Примечание. При исполнении панелей и щитков в шкафах стоимость оборудования увеличивается для панелей на 80 руб., для щитков на 40 руб.

## 26-8. ДЕМОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

Таблица 26-41

Коэффициенты для определения стоимости монтажных работ

Наименование видов работ	Коэффициент, применяемый на зарплату, полученную по УПЭ-ЭС	Наименование видов работ	Коэффициент, применяемый на зарплату, полученную по УПЭ-ЭС
Распределительные устройства открытые 6—500 кВ	0,5	Линии электропередачи 3—500 кВ	0,5
Распределительные устройства закрытые 35—110 кВ	0,5	Сети кабельные до 110 кВ	0,5
Распределительные устройства закрытые 3—20 кВ	0,2	Щиты	0,5
Выпрямители	0,2	Шиннопроводы	0,5
Аккумуляторы	0,5	Сети заземления электроустановок	0,25

## 26-9. ТАРИФНЫЕ ПОЯСА И ПОЯСНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ РЕСПУБЛИКАМ, РАЙОНАМ, ОБЛАСТЯМ И КРАЯМ СССР

Первый тарифный пояс — ему соответствует поясной коэффициент 1,0

Азербайджанская ССР, Армянская ССР, Астраханская область, Балашовская область, Белгородская область, Белорусская ССР, Брянская область, Великолукская область, Владимирская область, Вологодская область, Воронежская область, Волгоградская область, Горьковская область, Грозненская область, Грузинская ССР, Дагестанская АССР, Ивановская область, Кабардинская АССР, Калининградская область, Калининская область, Калужская область, Каменская область, Карело-Финская АССР, Казахская ССР, за исключением Карагандинской области, Киргизская ССР, за исключением Джадал-Абадской, Иссык-Кульской и Ошской областей, Кировская область, Костромская область, Краснодарский край, Куйбышевская область, Курская область, Ленинградская область, Латвийская ССР, Липецкая область, Литовская ССР, Марийская АССР, Молдавская ССР, Мордовская АССР, Московская область, Новгородская область, Орловская область, Пензенская область, Псковская область, Ростовская область, Рязанская область, Саратовская область, Северо-Осетинская АССР, Смоленская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Тульская область, Удмуртская АССР, Украинская ССР, Ульяновская область, Чувашская АССР, Эстонская ССР, Ярославская область.

Второй тарифный пояс — ему соответствует коэффициент 1,1

Алтайский край, Башкирская АССР, Карагандинская область, Кемеровская область, Киргизская ССР, Джадал-Абадская, Иссык-Кульская и Ошская области, Казахская ССР (Карагандинская область за исключением г. Балхаш и поселка городского

типа Джезказган), Красноярский край, местности южнее Полярного круга, Курганская область, Новосибирская область, Омская область, Оренбургская область, Пермская область, Свердловская область, Татарская АССР, Томская область, Тувинская автономная область, Туркменская ССР, Тюменская область (южнее 64-й параллели), Узбекская ССР, за исключением Кара-Калпакской АССР, Челябинская область.

Третий тарифный пояс — ему соответствует коэффициент 1,2

Архангельская область, Бурят-Монгольская АССР, Казахская ССР (г. Балхаш и п. г. т. Джезказган), Коми АССР, Мурманская область, Таджикская ССР, Тюменская область севернее 64-й параллели, Кара-Калпакская АССР, Читинская область.

Четвертый тарифный пояс — ему соответствует коэффициент 1,4

Амурская область, Красноярский край (Туруханский район и Эвенкинский национальный округ), Магаданская область за исключением Чукотского национального округа. Приморский край, Хабаровский край за исключением Камчатской области, Якутская АССР южнее Полярного круга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

26-1. Укрупненные показатели стоимости элементов электроснабжения промышленных предприятий, ГПИ Электропроект Минмонтажспецстроя СССР, 1966. Поправки внесены согласно техническому циркуляру № 386 от 13.08. 1969 г. ГПИ Электропроект.

26-2. Федоров А. А. Электроснабжение промышленных предприятий, М., Госэнергоиздат, 1961.

## РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ СЕДЬМОЙ

## СВЕДЕНИЯ О РЕЛЕ ЗАЩИТЫ, АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

## 27-1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ РЕЛЕ

Таблица 27-1

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры				Основные размеры, (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.					
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы тока, А		Коэффициент возврата	Время срабатывания, с	Количество и исполнение контактов	Ток, А					Напряжение, В	Мощность			
		$I_n$	$I_{ср\text{аб}}$				Постоянный	Переменный						Постоянный	Переменное	постоянного тока, Вт
РТ40/0,2	0,2	0,5—1	0,05—0,2	0,8—0,85	0,03—0,1	1з, 1р	2	220	220	60	300	27-15, а	0,75	6,5		
РТ40/0,6															1,6—3,2	0,15—0,6
РТ40/2															3,8—7,6	0,5—2
РТ40/6	0,5	10—20	1,5—6				2									
РТ40/10															16—32	2,5—10
РТ40/20															18—35	5—20
РТ40/50	0,8	25—50	12,5—50				2									
РТ40/100															25—100	0,7—0,85
РТ40/200	8	25—50	50—200													
РТ40/Ф	1	6	1,75—17,6	0,8	0,04—0,25											
РТ40/Д	—	6	0,15—1	0,7	0,03—0,15											

1. Реле максимального тока?

27-15, б

3,5

19,4

3,0

20





Продолжение табл. 27-1

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры				Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.		
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы тока, А		Кoeffициент возврата	Время срабатывания, с	Количество в иск. подлине контактов	Ток, А					Напряжение, В	Мощность
		$I_H$	$I_{ср\text{аб}}$				Постоянный	Переменный					
РТ86/1	10	10	4—10		4—16	1п, 1з							
РТ86/2													
РТ91/1	30	10	4—10		0,5—4						27-15, з	3,5 (4,5)	11,9
РТ91/2		5	2—5										
РТ95/1		10	4—10										
РТ95/2		5	2—5										
РЭВ201	—	0,6—630	(1,1—7)/ $I_H$	—	0,04—0,08	1з, 1р	1	20	380	—	27-15, б	1,5—2	5,2
РЭВ202													
РЭВ312		1,5—600	(0,3—0,65)/ $I_H$	0,8			0,3				27-15, е	2,5	8,6
РЭВ571		1,5—1 200	(0,7—3)/ $I_H$	Не нормируется	0,05	1р	10(15)	1(2)			27-15, ж	2,0	5,2
РЭВ572													
М3Т11	Рис. 27-2		1,34—16,6		0,04—0,05	1з	2	2	220	60	27-15, б	4	33
РЭВ86	—	1,5—5	(0,3—0,6)/ $I_H$		0,1	1з	1(2)	10(15)	380	—	27-15, з	1,25	11,4
РЭВ830	Не нормируется	1,5—600	(0,3—0,65)/ $I_H$	0,4	0,1 (при 1,5 сраб)	1з, 1р					27-15, и	2,5	10,2

Продолжение табл. 27-1

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры				Основные размеры (см рис.)	Масса, кг	Цена, руб.					
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы тока, А		Кoeffициент возврата	Время срабатывания, с	Количество и наименование контактов	Ток, А					Напряжение, В		Мощность постоянного тока, Вт	переменного тока, В·А	
		$I_H$	$I_{ср}$				Постоянный	Переменный				Постоянный	Переменное			
РНТ565	Рис. 27-3	—	1,45—12,5	—	0,04—0,05 при (3—2)/ср	1з	2	—	220	—	60	—	27-15, б	4	23,5	
РНТ566			0,34—2; 0,625—4; 2,57—20			1з, 1р										
РНТ566/2			0,34—2; 4,35—33,3													
РНТ567			5,26—100													
РНТ567/2	4—60		1,05—20													
ДЗТ11	Рис. 27-5		1,45—12,5		0,04—0,05 при (3—2)/ср	1з										26
ДЗТ11/2	26 В·А при 1А		0,34—2; 2,56—20													
ДЗТ11/3	17 В·А при 5А		0,34—2; 0,62—4; 2,56—20													
ДЗТ11/4	26 В·А при 1А		2,22—16,7													
ДЗТ13 ДЗТ14	Рис. 27-4, 27-5		0,345—2; 0,585—4; 3,7—33,3											10,5	78	
ДЗТ13/2															94	79

2. Реле дифференциальные



Продолжение табл. 27-1

моток в нормальном режиме 10 А); ДЗТ11/2 (то же, но  $I_{ср\text{аб}}$  указан соответственно для рабочей и уравнительной обмоток); ДЗТ11/3 (то же, но  $I_{ср\text{аб}}$  указан для 1, 2, 3-й рабочих обмоток соответственно); ДЗТ13 (тормозные характеристики даны на рис. 27-6); ДЗТ13/2 (при значительном различии вторичных токов, подводимых к реле;  $I_{ср\text{аб}}$  указан соответственно для 1, 2, 3-й рабочих обмоток); ДЗТ13/3 (в графе 2 указана мощность, потребляемая первой или второй и третьей тормозными обмотками соответственно); намагничивающая сила (н.с.) обмоток реле 100±5 ампер-витков.

4 Реле типа ДТ11—ДТ17 применяются для защиты электроустановок постоянного тока от протекания тока обратного направления; при работе реле на 220 В последовательно с обмоткой включается сопротивление, устанавливаемое на реле.

Таблица 27-2

Технические данные реле напряжения<sup>1</sup>

Тип реле	Входные параметры					Выходные параметры					Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.	
	Пределы напряжения, В		Кэффициент возврата	Время срабатывания, с	Количество и исполнение контактов	Ток, А		Напряжение, В		Мощность				
	$U_H$	$U_{ср\text{аб}}$				Постоянный	Переменный	Постоянный	Переменный	Переменно-токовый, Вт				Постоянный, Вт
РН53/60	30—60	15—60	0,8	0,03—0,15	1з, 1р	2	2	220	220	300	60	27-15, а	0,75	10,5
РН53/200	100—200	50—200												
РН53/400	200—400	100—400												
РН53/60Д	100—20	15—60												
РН54/48	30—60	12—48	1,25	0,15										
РН54/160	100—200	40—160												
РН54/320	200—400	80—320												
РН51/М34	30—60	3,2—6,4	0,5	0,25	1з									
РН51/М56	4—8	0,7—1,4												
РН51/М78	50—100	16—32												

<sup>1</sup> Реле всех типов применяются для дифференциальной защиты: РН1365 — одной фазы силовых трансформаторов и генераторов переменного тока; РН1366 — одной фазы силовых трансформаторов при значительном различии вторичных токов, подводимых к реле (исполнительным органом служит реле типа РТ40;  $I_{ср\text{аб}}$  указан соответственно для 1, 2, 3-й рабочих обмоток;  $I_{дл}$  для них 0,7; 1,5; 7 А соответственно); для РН1566/2  $I_{ср\text{аб}}$  указан для 1-й, 2-й рабочих обмоток;  $I_{дл}$  для них 2 и 15 А соответственно; РН1567 — для защиты шин ( $I_{дл}$  для каждой рабочей обмотки 4 А; в графе 2 указаны пределы измерения мощности, потребляемой каждой рабочей обмоткой в аварийном режиме при изменении токов от 1 до 5 А); ДЗТ11, ДЗТ13, ДЗТ14 — для защиты одной фазы силовых трансформаторов; ДЗТ11 (исполнительный орган — реле РТ40;  $I_{дл}$  об-



Продолжение табл. 27-2

<sup>1</sup> Для реле типов РН53, РН54, РН31, РН58, РЭВ311, РНФ1М, РНН57, РН55 характер нагрузки индуктивный; для реле типов РЭВ84, РЭВ821 — индуктивный или омический; реле РН53, РН54, РН58, РЭВ2161, РНБ231, Е511, РНФ1М, РН55, РНН57 применяются в цепях переменного тока; реле РН53 используется в схемах защиты и системной автоматики в качестве органа, реагирующего на появление или повышение напряжения ( $I_{дл}=33 \div 66$  В;  $I_{дл}=2$  А); РН54 — в схемах защит в качестве органа, реагирующего на понижение или исчезновение напряжения; реле РН51, РЭВ84, РЭВ311, РЭВ821 применяются в схемах постоянного тока; РН58 — в схемах защит в качестве органа, реагирующего на повышение напряжения, когда требуется повышенный коэффициент возврата ( $I_{дл}=2$  А); РЭВ84 имеет время отпущения не более 0,15 с, ток замыкания: переменный 89 А, постоянный (220 В) 10 А ( $I_{дл}=10$  А); РЭВ821 имеет ток замыкания: переменный 80 А, постоянный (220 В) 10 А ( $I_{дл}=10$  А); РЭВ2161 имеет ток замыкания: переменный 50 А, постоянный (220 В) 5 А ( $I_{дл}=10$  А); для реле РЭВ84, РЭВ311, РЭВ2161 в

графах 8, 9 указано значение токов при омической нагрузке; РНБ231 — трехфазное реле, в схемах максимальной токовой защиты для осуществления пуска по минимальному напряжению ( $U_{дл}=1,1 U_H$ ); Е-511 — реле обрыва фаз, для контроля наличия напряжения в любой из фаз трехфазной системы (при симметричном понижении напряжения до  $0,6 U_H$  в трех фазах реле не срабатывает).

<sup>2</sup> Реле РНФ1М — фильтр-реле напряжения обратной последовательности для защиты электрических установок переменного тока при несимметричных к. з. ( $U_{дл}=1,1 U_H$ ;  $I_{дл}=2$  А).

<sup>3</sup> Реле РНН57 — реле напряжения нулевой последовательности (максимального напряжения); в схемах поперечных, дифференциальных и других защит  $I_{дл}=2$  А.

<sup>4</sup> РН55 — реле контроля синхронизма, в схемах АПВ линий с двусторонним питанием для контроля напряжения на линии и угла сдвига фаз между векторами напряжения на линии и шинх подстанции, в скобках указано  $U_H$  для второй катушки ( $I_{дл}=2$  А), угол срабатывания  $20-40^\circ$ .

Таблица 27-3

Технические данные реле мощности<sup>1</sup>

Тип реле	Входные параметры					Количество и исполнение контактов	Масса, кг	Цена, руб.				
	Потребляемая мощность, В·А	$I_H$ , А	$S_{сраб}$ , В·А	Угол максимальной чувствительности	Время срабатывания, с							
РБМ171/1	10(40)	5	3	$30 \pm 5^\circ$	0,04	1з	4,2	20				
РБМ271/1	10(35)		4	$45 \pm 5^\circ$								
РБМ171/2	10(40)	1	0,6	$30 \pm 5^\circ$	0,05	1з	4,6	20				
РБМ271/2	10(35)		0,8	$45 \pm 5^\circ$								
РБМ177/1	10(90)	5	3	$70 \pm 5^\circ$	0,05	1з	11	22				
РБМ277/1			2з			28						
РБМ177/2			1			0,6		1з	22			
РБМ277/2			2з			28						
РБМ178/1	5(25)	5	10—500	$0 \pm 5^\circ$	0,07—0,1	1з, 1р	11	85				
РБМ278/1									1	0,2	1з	22
РБМ178/2												
РБМ278/2									1з	22		
РБМ273/1	5(30)	1	2—100	$0 \pm 5^\circ$								
РБМ274/1	5(30)		10—500	$(65-105^\circ)$ $90 \pm 2^\circ$								
РБМ273/2	5(25)			$(75-105^\circ)$ $90 \pm 2^\circ$								
РБМ274/2	5(30)											

<sup>1</sup> Для реле мощности типа РБМ  $U_H=100$  В; коэффициент возврата равен 0,85 для РБМ271/1

Продолжение табл. 27-3

РБМ274/1, РБМ273/2, РБМ274/2 и 0,6 для остальных; характер нагрузки — индуктивный; основные размеры реле указаны на рис. 27-15, к (для РБМ273/1, РБМ274/1, РБМ273/2, РБМ274/2) и на рис. 27-15, б (для остальных); входные параметры реле: постоянный и переменный ток 2 А, постоянное и переменное напряжение 200 В, мощность переменного тока 250 В·А, постоянного — 50 Вт; в графе 2 указана мощность, потребляемая токовой обмот-

кой, в скобках — обмоткой напряжения; реле применяются в цепях переменного тока; РБМ273/1, РБМ273/2 — для контроля величины активной мощности одной фазы сети; РБМ274/1, РБМ274/2 — то же, но реактивной мощности; остальные реле — в качестве быстродействующего элемента направления мощности ( $S_{ср\text{аб}}$  указана для случая, когда  $I_p = I_H$ ).

Таблица 27-4

Технические данные реле времени<sup>1</sup>

Тип реле	Входные параметры				Количество и исполнение контактов	Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.
	Потребляемая мощность, В·А	$U_H$ , В	$U_{ср\text{аб}}$ , В	Пределы выдержек времени, с				
ЭВ112	30 Вт	24—220	$0,7U_H$	0,1—1,3	1п, 1з (1вз)	27-12, в	1,5	11,5
ЭВ114					1п, 1з			
ЭВ122				0,25—3,5	1п, 1з (1вз)			
ЭВ124					1п, 1з			
ЭВ132				0,5—9	1п, 1з (1вз)			
ЭВ134					1п, 1з			
ЭВ142				1—20	1п, 1з (1вз)			
ЭВ144					1п, 1з			
ЭВ113	15(30)			0,1—1,3	1з, 1з			
ЭВ123				0,25—3,5				
ЭВ133				0,5—9				
ЭВ143				1—20				
ЭВ215	20	100—380	$0,75U_H$	0,1—1,3	1п, 1р (1вз)			
ЭВ225				0,25—3,5				
ЭВ235				0,5—9				
ЭВ245				1—20				
ЭВ217	15		$0,85U_H$	0,1—1,3	1п, 1з			
ЭВ227				0,25—3,5				
ЭВ237				0,5—9				
ЭВ247				1—20				

Продолжение табл. 27-4

Тип реле	Входные параметры				Количество и исполнение контактов	Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.
	Потребляемая мощность, В·А	$U_H$ , В	$U_{сраб}$ , В	Пределы выдержек времени, с				
ЭВ218				0,1—1,3	1п, 1з, 1вз			
ЭВ228				0,25—3,5				
ЭВ238				0,5—9				
ЭВ248				1—20				
Е-52	25	12, 127, 220		1—60	1з, 1р, 1р, 2з		3,0	13,8
Е-512	30 Вт	220		1—6 мин	4р, 1п	27-13, з	6,5	124,5
Е-513			6—60					
ВС-10-31	15(6)	12, 127, 220		2—60	3п	27-13, и	3—3,5	26,5
ВС-10-32			5—180					
ВС-10-33			15 с—9 мин					
ВС-10-34			1—30 мин					
ВС-10-35			3—90 мин					
ВС-10-36			9 мин—4 ч 30 мин					
ВС-10-37			24 мин 10 ч					
ВС-10-38			1—24 ч					
ВС-10-62			5—180	6п				
ВС-10-63			15 с—9 мин					
ВС-10-64			1—30 мин					
ВС-10-65			3—90 мин					
ВС-10-66			9 мин—4 ч 30 мин					
ВС-10-67			10 ч					
ВС-10-68	1—24 ч							
РЭВ81	20 Вт	12—200	$0,6 U_H$		0,25—1,3		27-12, з	1,25
РЭВ218	60	12—380	$0,85 U_H$	7—17	1з, 1з, 1п	27-14, а	2,6	15
РЭВ811	20 Вт	12—220	$0,6 U_H$	0,25—1 (0,4—1,5)	1з, 1р	27-13, в	2,5	10,2



Продолжение табл. 27-4

Тип реле	Входные параметры				Количество и исполнение контактов	Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.
	Потребляемая мощность, В·А	$U_n$ , В	$U_{ср.аб}$ , В	Пределы выдержек времени, с				
РЭВ812				0,8—2,5 (0,9—2,8)				
РЭВ813				2—3,5 (2,2—3,8)				
РЭВ814				3—5 (3,8—5,5)				
РЭВ815				0,25—0,6 (0,4—0,9)	2з, 2р			
РЭВ816				0,5—1,5 (0,6—1,7)				
РЭВ817				1,2—2 (1,3—2,2)				
РЭВ818				2—3,5 (2,2—3,8)				
РЭВ881	30 Вт			4,5—8 (5—9)	1з, 1р	27-14, б	6,0	12,5
РЭВ882				7—12 (8—13)				
РЭВ883				3—6 (4—7)	2з, 2р	27-14, в		
РЭВ884				5—9 (6—10)				

<sup>1</sup> Для реле типов ЭВ, Е, ВС-10, РЭВ характер нагрузки индуктивный; для реле РЭВ81, РЭВ811—РЭВ818, РЭВ881—РЭВ884 — индуктивный и омический; выходные параметры реле: 1) постоянный ток 1 А (реле ЭВ112, 114, 122, 124, 132, 134, 142, 144, 113, 123, 133, 143, 215, 225, 235, 245, РЭВ81, 218, 811—818, 881—884), 2 А (ток размыкания при омической нагрузке для реле РЭВ81, 811—818, 881—884); 2) переменный ток 5 А (ЭВ215, 225, 235, 245); 2,5 А (ЭВ217, 227, 237, 247, 218, 228, 238, 248), 10 А (РЭВ81, 811—818, 881—884), 20 А (РЭВ218), 15 А (ток размыкания при омической нагрузке для реле РЭВ81, 811—818, 881—884); 3) постоянное напряжение 220 В (ЭВ112, 114, 122, 124, 132, 134, 142, 144, 113, 123, 133, 143, 215, 225, 235, 245, Е-52, 512, 513, ВС-10, РЭВ81, 218, 811—818, 881—884); 4) переменное напряжение 220 В (ЭВ215, 225, 245, 217, 227, 237, 247, 218, 228, 238, 248; Е-52, 512, 513), 380 В (РЭВ81, 218, 811—818, 881—884); 5) мощность переменного тока 500 В·А (ЭВ215, 225, 235, 245, 217, 227, 237, 247, 218, 228, 238, 248; Е-52), 400 В·А (Е-512, 513, ВС-10); мощность постоянного тока 100 Вт (ЭВ112, 114, 122, 124, 132, 134, 142, 144, 113, 123, 133, 143, 215, 225, 235, 245, Е-52), 50 Вт (Е-512, 513, ВС-10); 6) область применения и дополнительные сведения: ЭВ112, 114, 122, 124, 132, 134, 142, 144, 113, 123, 133, 143, Е-512, 513, РЭВ81, 811—818, 881—884 — в цепях постоянного тока; ЭВ215, 225, 235, 245, 217, 227, 237, 247, 218, 228, 238, Е-52, ВС-10, РЭВ218 — в цепях переменного тока; ЭВ112, 114, 122, 124, 132, 134, 142, 144 — в схемах защиты и автоматики для получения регулируемой выдержки времени ( $I_{дл}$  — временно замыкающий контакт),  $I_{дл}$  = 5 А (замыкающие контак-

ты), 3 А (мгновенные); ЭВ113, ЭВ123, ЭВ133, ЭВ143 имеют  $I_{дл}$  = 1,1  $U_n$ ,  $I_{дл}$  = 5 А (основной контакт), 3 А (мгновенный); в графе 2 табл. 27-4 в скобках указана кратковременная потребляемая мощность; ЭВ215, 225, 235, 245 имеют  $I_{дл}$  = 1,1  $U_n$ , разрывная мощность указана только для 1р и 1н (в графе 2 указана мощность при притяннутом якоре); ЭВ217, 227, 237, 247, 218, 228, 238, 248 — в схемах защиты и автоматики в качестве вспомогательного элемента для получения регулируемой замедленной передачи импульса от управляющего органа,  $I_{дл}$  = 5 А для замыкающих контактов, 3 А — для переключающих; Е-52 (привод реле СД-2) имеют время возврата не более 0,5 с (1з включен в цепь катушки РТП-100, контакты которого являются выходными для Е-52, 1р включен в цепь СД-2; в скобках указано общее число контактов реле на выходе); Е-512, 513 имеют время возврата не более 1 с ( $I_{дл}$  = 5 А); ВС-10 (привод в реле СД), время возврата реле не более 0,8 с (в графе 2 указана мощность, потребляемая реле — 15 В·А и реле электромагнита — 6 В·А); РЭВ81 имеет собственное время срабатывания около 0,1 с,  $I_{дл}$  = 10 А, переменный ток замыкания 80 А, постоянный (220 В) — 10 А; РЭВ218 — в качестве механического реле времени (1з, 1п — контакты мгновенного действия;  $I_{дл}$  = 20 А; переменный ток замыкания 100 А; кратковременность пускового тока 4,5;  $\cos \Phi \approx 0,35$  при замкнутом магнитопроводе); для РЭВ811—818 в графе 6 указаны пределы выдержки времени на отпускание при отключении (в скобках — при закорачивании

Продолжение табл. 27-4

ланин) катушки,  $I_{дл} = 10$  А, ток замыкания переменный 80 А, постоянный (220 В) — 10 А; для

РЭВ881—884 собственное время срабатывания около 0,5 с (остальное см. РЭВ811—818).

Таблица 27-5

Технические данные промежуточных реле<sup>1</sup>

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры			Основные размеры (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.							
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы напряжения, В			Количество и исполнение контактов	Ток, А											
		$U_H$	$U_{ср\text{аб}}$	Время срабатывания, с		Постоянный	Переменный										
ЭП 1/24	0,75 Вт	24	12	0—0,4	2з	0,75	—	27-14, д	0,07	2,4							
ЭП 1/48		48	24														
ЭП 1/110		1,5 Вт	110								55						
ЭП 1/220		3 Вт	220								110						
РП 1/60	30	12—380	$0,85U_H$	—	6з	—	8	27-14, е	0,6	3,3							
РП 1/51	—				5з, 1р		8(5)										
РП 1/42	—				4з, 2р												
РП 1/33	—				3з, 3р												
РП 1/24	—				2з, 4р												
РП 1/15	—				1з, 5р												
РП 1/06	—				6р		5										
РП 2/40	—				4з		8										
РП 2/31	—				3з, 1р		8(5)										
РП 2/22	—				2з, 2р												
РП 2/13	—				1з, 1р												
РП 2/04	—				4р		5										
РП 3/20	—				2з		8										
РП 3/11	—				1з, 1р		8(5)										
РП 3/02	—				2р		5										
РПМ 01/48	130(30)				12—500		$0,85U_H$				0,05	4з, 8р	—	8(5)	27-14, ж	0,8	4,8
РП 24	—				—							—		27-14, з			
РП 25	8	100, 127, 220	0,5	5													
РП 23	—	—	—	—													
РП 40	17 Вт	12—220	$0,8U_H$	0,07	1(2)	—	—	27-14, и	2	11,4							

Продолжение табл. 27-5

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры			Основные размеры, (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.		
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы напряжения, В			Количество и исполнение контактов	Ток, А						
		$U_H$	$U_{ср\text{аб}}$	Время срабатывания, с		Постоянный	Переменный					
РП 211	5	110—220	$0,5 U_H$	0,01	2п	2	5	27-14, э	0,7	7		
РП 212	6 Вт (1,2 Вт)										0,6 $U_H$	4з
РП 213	8 Вт (2 Вт)											
РП 214												
РП 215	5 Вт											
РП 232	4 Вт (6 Вт)	24—220	$0,7 U_H$	0,06	0,5(1)							
РП 233	20 Вт (3 Вт)	0,03	3з, 1р	4,1								
РП 251	6 Вт 8 Вт (220 В)	0,06—0,12	5з									
РП 252	7 Вт	0,04—0,07	4з		0,5							
РП 253	15 Вт (1 Вт)											
РП 254	3(6)	110	0,05	3з, 1р	7,4							
РП 255	6 Вт 8 Вт (220 В); (1 Вт)	24—220				5з						
РП 256	8	110, 127, 220	0,7 $U_H$	0,06	2з, 2р	—	20	0,6	4,25			
РП 311	6											
РП 321	8									—	2з, 2п	2
РП 341			2п	27-14, к								
РП 351	35	100, 127, 220	0,7 $U_H$	0,06	2з, 2р, 2п	2			8,5			
РП 352	25 Вт	24—220										
РЭВ 822	20 Вт	12—220	$0,65 U_H$	0,1	1з, 1р	—	—	27-13, б	2,5	10,2		
РЭВ 826					2з, 2р							
МКУ 48 <sup>а</sup>	3 Вт	2,5—220	$0,85 U_H$	0,035— 0,06				27-14, л, м	0,5 (0,36)	4,02 (2,77)		
МКУ 48	6	12—380									1,3	

Продолжение табл. 27-5

Тип реле	Входные параметры				Выходные параметры			Основные размеры, (№ рис.)	Масса, кг	Цена, руб.
	Потребляемая мощность, В·А	Пределы напряжения, В		Время срабатывания, с	Количество и исполнение контактов	Ток, А				
		$U_H$	$U_{ср\text{аб}}$			Постоянный	Переменный			
ПЭ 1	2 Вт	24—110	$0,8 U_H$	0,02 (0,035)	3 п	—	1,3	27-14, н	0,7	1,4
ПЭ 4	8	12—500	$0,8 U_H$	0,04	2з, 2р	1(1,5)	10(10)	27-14, о	0,35	3,85
ПЭ 5	13							27-14, п	0,5	4,55
ПЭ 9	8							27-14, о	0,35	3,4
ПЭ 10	13							27-14, п	0,5	5,55
ПЭ 6 <sup>2</sup>	3 Вт	12—220	$0,8 U_H$	0,035	4з, 4р			27-14, м, р	0,9(0,5)	2,1(2,05)
ПЭ 6	8	$0,85 U_H$								
РПТ 100	6		$0,8 U_H$	0,03 (0,05)	4 п			27-14, е	0,2	1,2

<sup>1</sup> Реле ЭП1/24, 48, 110, 220, РП23, 24, 40, 211—215, 232, 233, 251—255, 311, 352, РЭВ822, 825, МКУ-48, ПЭ1, ПЭ6 применяются в цепях постоянного тока; реле РП-1/60, 51, 42, 33, 24, 15, 06, РП-2/40, 31, 22, 13, 04, РП-3/20, 11, 02, РПМ-01/48, РПМ-02/44, РП25, 26, 256, 321, 351, МКУ-48, ПЭ4, 5, 9, 10, 6, РПТ-100 применяются в цепях переменного тока; входные параметры: 1)  $U_{отп} = 0,03 U_H$  (РП23, 24, 25, 26, 233, 251, 311),  $0,04 U_H$  (РП211—215),  $0,05 U_H$  (РП253, 255); 2) коэффициент возврата не нормируется (ЭП1/24, 48, 110, 220, РП40, 252, 253), равен  $0,3—0,5$  (РП341),  $0,4$  (РЭВ822, 826); выходные параметры: 1) постоянное напряжение 220 В (ЭП1/24, 48, 110, 220, РП-1/60, 51, 42, 33, РП23, 26, 40, 211—215, 233, 251—256, 351, 352, МКУ-48, ПЭ1, 4, 5, 9, 10, 6); 2) переменное напряжение 220 В (РП-1/24, 15, 06, РП-2/40, 31, 22, 13, 04, РП-3/20, 11, 02, РПМ-01/48, 220, РПМ-02/44, РП23, 25, 26, 232, 233, 251—256, 311, 321, 341, 351, 352, ПЭ1, 6, РПТ-100), 380 В (МКУ-48, ПЭ4, 5, 9, 10); 3) мощность переменного тока 450 В·А (РП31, 321, 341, 351, 352), 500 В·А (МКУ-48, ПЭ1, 6); 4) мощность постоянного тока 100 Вт (ЭП1/24, 48, 110, 220), 50 Вт (РП211—215, 351, 352, МКУ-48, ПЭ6), 40 Вт (ПЭ1); 5) характер нагрузки — индуктивный (ЭП1/24, 48, 110, 220, РП211—215, 253—256, 351, 352, МКУ-48, ПЭ6) индуктивный и омический (РП23, 232, 233, 251, 252); дополнительные сведения: ЭП1/24, 48, 110, 220 — в качестве вспомогательного реле, когда коммутационная способность и количество контактов основного реле защиты недостаточны ( $I_{дл} = 5$  А); РП-1/60, 51, 42, 33, 24, 15, 06, РП-2/40, 31, 22, 13, 04, РП-3/20, 11, 02 — в графе 2 указана потребляемая мощность при притянутом якорь, в графе 8 в скобках указан ток размыкания  $I_{дл} = 12$  А, переменный ток замыкания 10—50 А); РПМ-01/48, 84, РПМ-02/44 — в графе 2 указана потребляемая мощность в момент включения, в скобках — при притянутом якорь, в графе 8 указан ток размыкания замыкающего контакта, в скобках — размыкающего, ток замыкания (220 В) соответственно 40 и 20 А  $I_{дл} = 12$  А); РП23—26 — ток размыкания при индуктивной нагрузке 0,5 А, при омической 1 А ( $I_{дл} = 5$  А); РП24, 26 снабжены указателем срабатывания с ручным возвратом; РП40 имеет время отпадания не более 0,03 с ( $I_{дл} = 10$  А); РП211—215 в схемах защиты, когда требуется иметь время отпадания не более 0,03 с ( $I_{дл} = 10$  А); РП211—215 в схемах защиты, когда требуется усилить или размножить действие контактов основных реле (реле являются быстродействующими, допустимый ток замыкания 10 А в течение 10 с); РП215 имеет ток удерживания реле не

менее  $0,8 I_H$  при отсутствии напряжения на рабочей обмотке ( $I_H = 1 \div 4$  А); РП232 — вспомогательное реле в схемах защиты и автоматики, когда требуется действие реле от тока с удерживанием от напряжения (для токовой обмотки  $I_H = 1 \div 8$  А,  $I_{ср\text{аб}} > I_H$ ,  $I_{отп} = 0,03 I_H$ ); РП233, 253 — вспомогательное реле в схемах защиты и автоматики, когда требуется действие реле напряжения с удерживанием от тока (для токовой обмотки  $I_H = 1 \div 8$  А,  $I_{ср\text{аб}} = 0,8 I_H$ ); РП251 — вспомогательное реле в схемах защиты, когда требуется создание выдержки времени при срабатывании  $U_{дл} = 1,1 U_H$ ; РП252 — вспомогательное реле, когда требуется создание выдержки времени при снятии напряжения с обмотки реле (время отпадания до 1,1 с); РП254 — вспомогательное реле, когда требуется действие реле от тока с удерживанием от напряжения (для токовой обмотки  $I_H = 1 \div 8$  А; время возврата не менее 0,5 с); РП321, 341 — непосредственное включение во вторичную цепь измерительных трансформаторов тока, могут управляться контактами других реле ( $I_{ср\text{аб}} = 2,5 \div 5$  А;  $I_{дл} = 5$  А, потребляемая мощность и время срабатывания даны для  $2 I_{ср\text{аб}}$ ); РП351, 352 — двухпозиционные, в схемах автоматики ( $I_{дл} = 5$  А); РЭВ822, 826 имеет время отпадания не более 0,16 с; МКУ-48 имеет ток последовательной катушки  $I_H = 0,02 \div 2,7$  А,  $I_{ср\text{аб}} = 0,85 I_H$ , контактная система реле от 8з, 6р, 2п до 40з, 16р, 14п,  $I_{дл} = 5$  А (реле постоянного тока); для МКУ-48, применяемого в цепях переменного тока,  $I_H = 0,135 \div 2,2$  А,  $I_{ср\text{аб}} = 0,8 I_H$ , контактная система от 2з, 2п до 36з, 12р, 10п ( $I_{дл} = 5$  А); ПЭ1 — в графе 5 указано время замыкания, в скобках — отпускания ( $I_{дл} = 5$  А); ПЭ4, 5, 9, 10 имеют переменный ток замыкания (380 В) 10 А, постоянный ток (220 В) — 5 А,  $I_{дл} = 10$  А; ПЭ6 имеет  $I_H = 1,1$  А;  $I_{ср\text{аб}} = 0,85 I_H$ , контактная система реле имеет одно из следующих исполнений: 2п, 2з, 2р; 2з, 2п, 4з, 4з; 2р; 2з; 2п; 8з; 6з; 2р; 4р; 2з; 2п ( $I_{дл} = 5$  А); ПЭ6, применяемое в цепях переменного тока ( $I_H = 0,45 \div 2,2$  А,  $I_{ср\text{аб}} = 0,8 I_H$ ), имеет такую же контактную систему и  $I_{дл}$ ; РПТ — в графе 5 указано время замыкания, в скобках — отпускания ( $I_{дл} = 5$  А).

<sup>2</sup> В графах 10, 11 в скобках указаны соответственно масса и цена реле в открытом исполнении.

27-2. ГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ РЕЛЕ

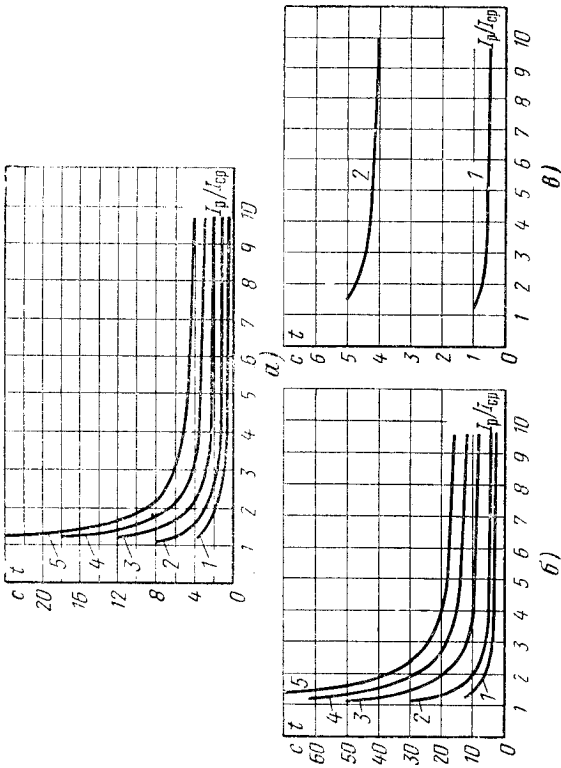


Рис. 27-1. Временные характеристики реле. а — РТ-83/1, РТ-85, Установки на время срабатывания, с: 1 — 0,5; 2 — 1,0; 3 — 2,0; 4 — 3,0; 5 — 4,0; б — РТ-82/1, РТ-84/1, РТ-86/1, Установки на время срабатывания, с: 1 — 2,0; 2 — 4,0; 3 — 8,0; 4 — 12,0; 5 — 16,0; в — РТ-91 и РТ-95, Установки на время срабатывания, с: 1 — 0,5; 2 — 4,0.

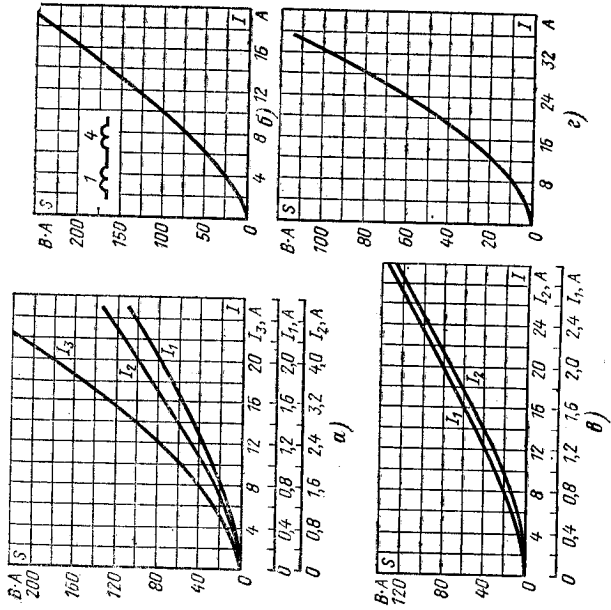


Рис. 27-3. Зависимость мощности, потребляемой реле в аварийном режиме, от тока в обмотках. а — реле РНТ-363; б — реле РНТ-366, в — реле РНТ-566/2; г — реле РНТ-567.

Рис. 27-2. Реле типа МЗТ-11.

а — тормозные характеристики; А, Б, В — зоны срабатывания и торможения реле; 1, 2, 3, 4 — характеристики при различных натяжениях пружины; б — зависимость мощности, потребляемой обмотками реле, от тока в обмотках; 1 — рабочая обмотка; 2 — тормозная обмотка; в — зависимость мощности, потребляемой рабочей обмоткой реле в аварийном режиме, от тока в обмотках.

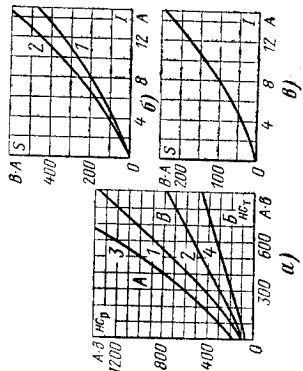


Рис. 27-3. Зависимость мощности, потребляемой реле в аварийном режиме, от тока в обмотках. а — реле РНТ-363; б — реле РНТ-366, в — реле РНТ-566/2; г — реле РНТ-567.

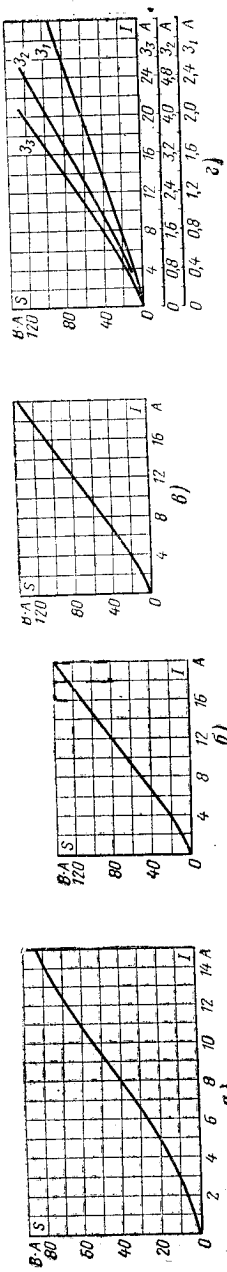


Рис. 27-4. Зависимость мощности, потребляемой реле в нормальном режиме, от тока в обмотках. а — реле ДЗТ-11 (тормозная обмотка); б — реле ДЗТ-13; в — реле ДЗТ-14; г — реле ДЗТ-13/2.

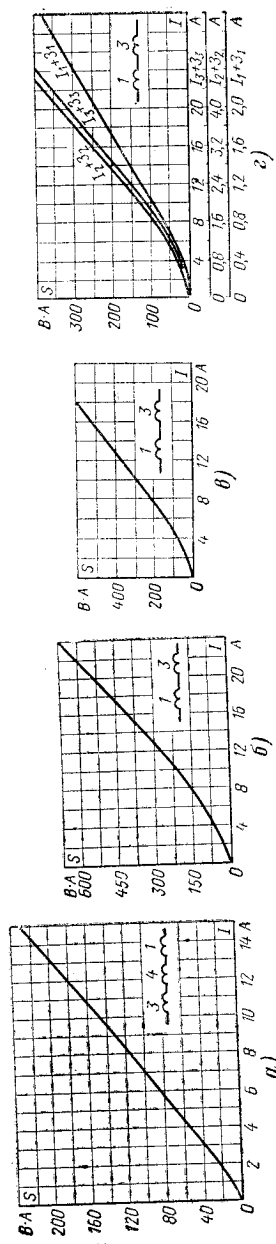


Рис. 27-5. Зависимость мощности, потребляемой реле в аварийном режиме, от тока в обмотках. а — реле ДЗТ-11 (тормозная обмотка); б — реле ДЗТ-13; в — реле ДЗТ-14; г — реле ДЗТ-13/2.

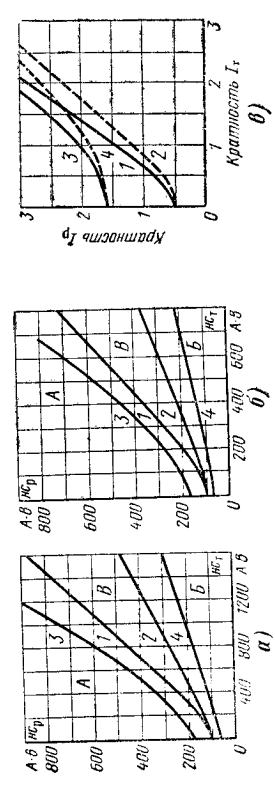


Рис. 27-6. Тормозные характеристики реле. а — ДЗТ-14; б — ДЗТ-13; в — ДЗТ-11; г — ДЗТ-13/2. А, Б, В — зоны срабатывания и торможения реле; 1, 2, 3, 4 — характеристики при различном напряжении пружины; в — реле ИТБ-201А (при малой и большой кратности тока соответственно 1, 2 — при  $U_T=0$ ; 3, 4 — при  $U_T=100$  В).

27-3. СХЕМЫ ВНУТРЕННИХ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ РЕЛЕ

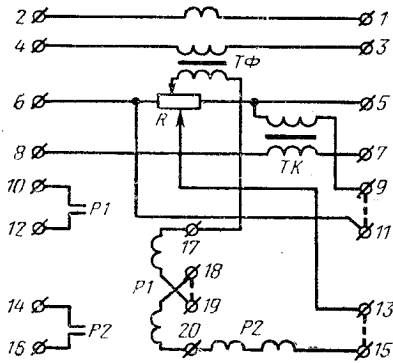


Рис. 27-7. Схема внутренних соединений реле РТ-2.

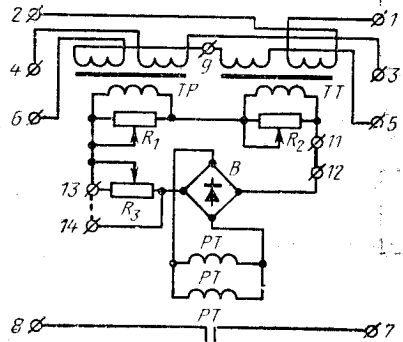


Рис. 27-8. Схема внутренних соединений реле РТФ-1М.

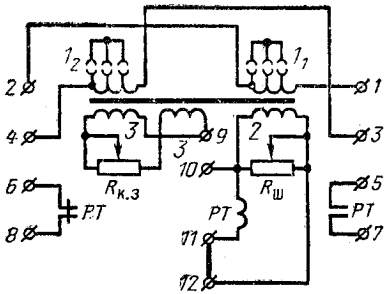


Рис. 27-9. Схема внутренних соединений реле РНТ-567 и РНТ-567/2.

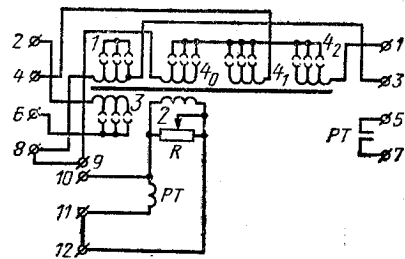


Рис. 27-10. Схема внутренних соединений реле ДЗТ-11.

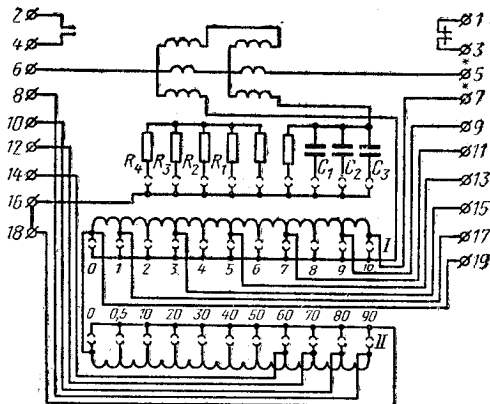


Рис. 27-11. Схема внутренних соединений реле РБМ-274.







РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ВОСЬМОЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ  
ВЫШЕ 1000 В

28-1. ОПОРНЫЕ И ПРОХОДНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

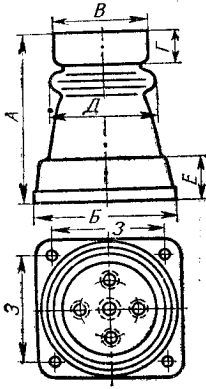


Рис. 28-1. Опорные изоляторы.  
ОФ-10-1250кв; ОФ-10-2000кв;  
ОФ-10-4250кв.

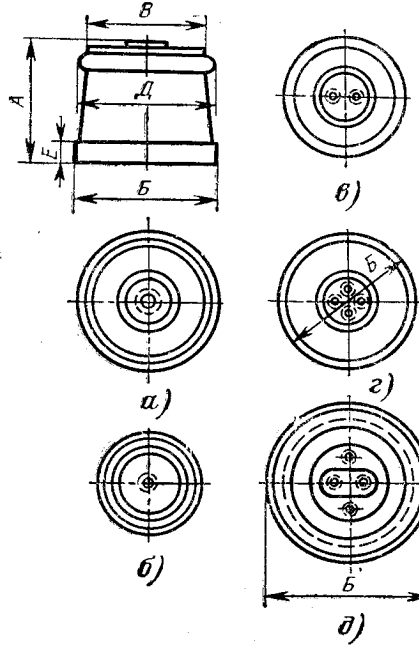


Рис. 28-2. Опорные изоляторы.

а — ОФ-1-375, ОФ-6-375; б — ОФ-6-375п, →  
ОФ-10-375п; в — ОФ-10-375, ОФ-10-750,  
ОФ-20-375; г — ОФ-10-3000; д — ОФ-10-2000.

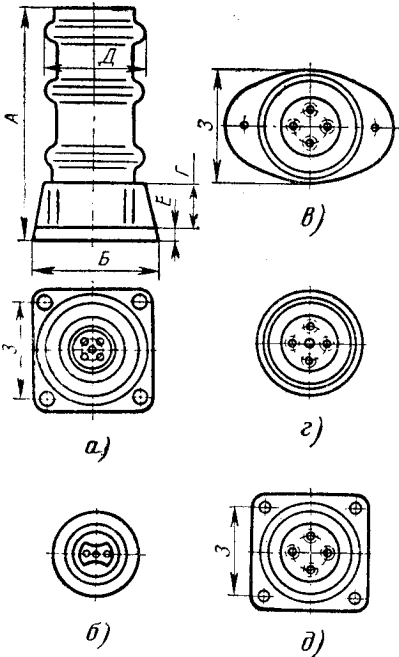


Рис. 28-3. Опорные изоляторы.

а — ОФ-35-1250кв, ОФ-35-2000кв; б — ОФ-35-375,  
ОФ-35-750; в — ОФ-35-375ов; г — ОФ-35-375кр;  
д — ОФ-35-750кв.

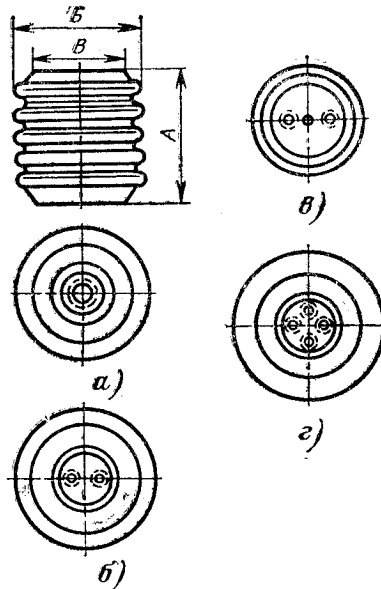


Рис. 28-4. Опорные изоляторы.

а — ОФР-20-750; б — ОФР-10-750,  
ОФР-10-3000, ИОТА-6, ИОТБ-6, ИОТА-10,  
ИОТБ-10, ИОТД-10, ИОТА-35у;  
в — ОФ-10-1250; г — ИОТЕ-20у.

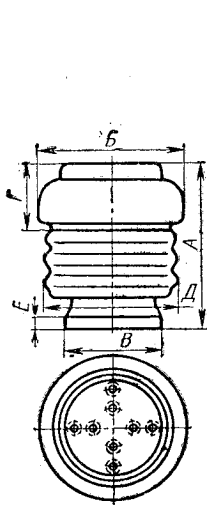


Рис. 28-5. Опорный изолятор ОФ-10-6000.

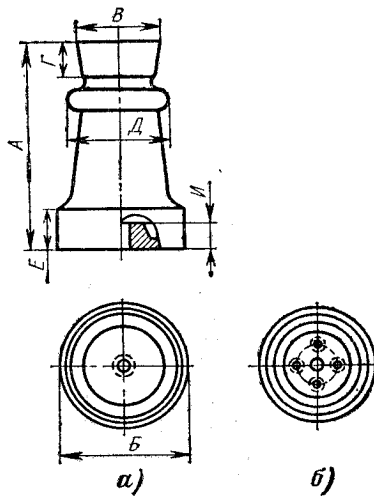


Рис. 28-6. Опорные изоляторы. а — ОФ-6-375кр, ОФ-6-750кр, ОФ-10-375кр, ОФ-10-750кр; б — ОФ-20-375.

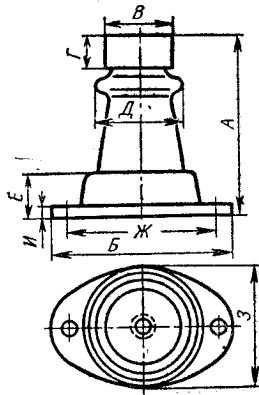


Рис. 28-7. Опорные изоляторы ОФ-6-375ов, ОФ-6-750ов, ОФ-10-750ов, ОФ-10-375ов.

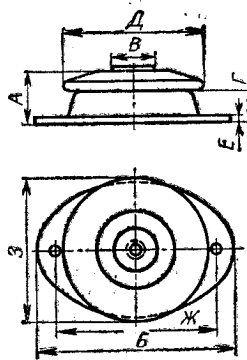


Рис. 28-8. Опорные изоляторы ОФ-1-750ов, ОФ-1-1250ов, ОФ-1-2000ов, ОФ-1-3000ов.

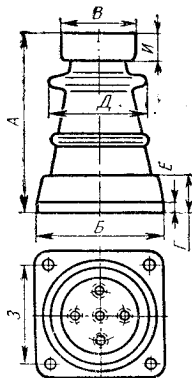


Рис. 28-9. Опорные изоляторы ОФ-20-200кв, ОФ-20-425кв.

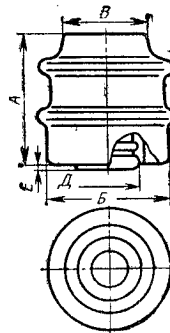


Рис. 28-10. Опорный изолятор ОФ-20-3000.

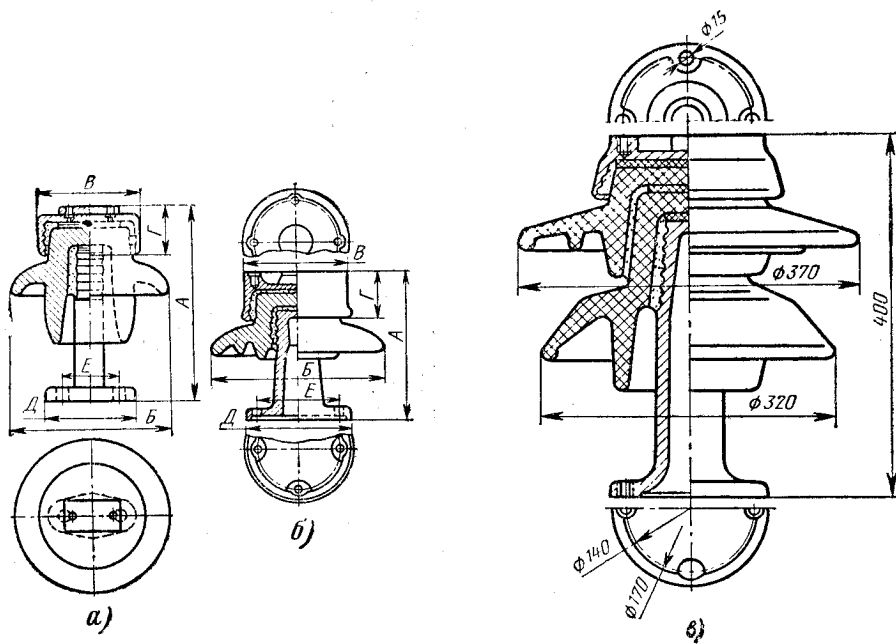


Рис. 28-11. Опорно-штыревые изоляторы для наружной установки.  
 а — ОНШ-300, ОНШ-10-500, СО-1; б — ОНШ-10-2000; в — ОНШ-35-1000.

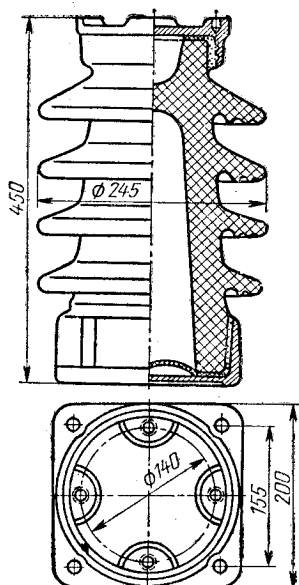


Рис. 28-12. Опорно-штыревой изолятор ОНВП-35-1000.

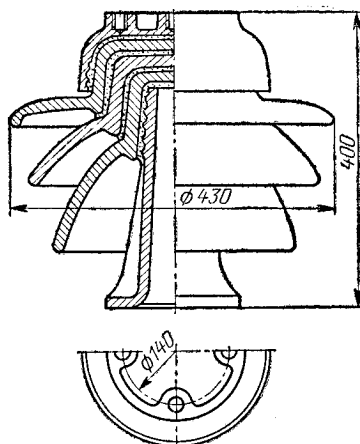


Рис. 28-13. Опорно-штыревой изолятор ОНШ-35-2000.

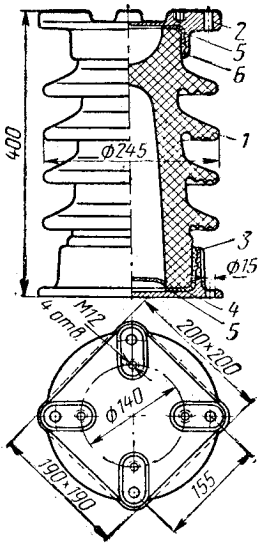


Рис. 28-14. Опорно-штыревые изоляторы ОНВП-35-110-1000.  
1 — изолятор; 2 — колпак; 3 — фланец; 4 — доньшко; 5 — прокладка; 6 — цемент.

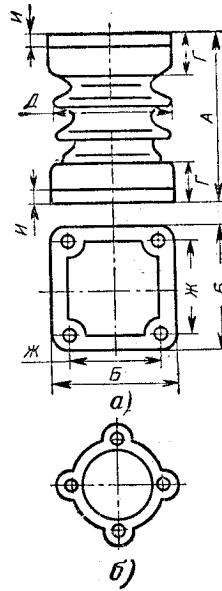


Рис. 28-15. Опорно-штыревые изоляторы.  
а — ОНС-10-2000, ОНСУ-35-1000, ОНС-35-2000, ОНС-110-500, ОНС-110-1000, ОНС-110-2000 (КО-400), (КО-400С), (КО-15С), (КО-20СУ), (КО-35СУ), КО-110-1300;  
б — ОНСУ-35-500.

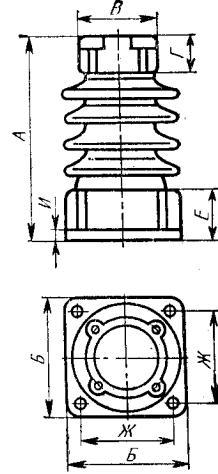


Рис. 28-16. Опорно-штыревые изоляторы ОНС-20-1000, ОНС-20-2000, ОНС-110-300.

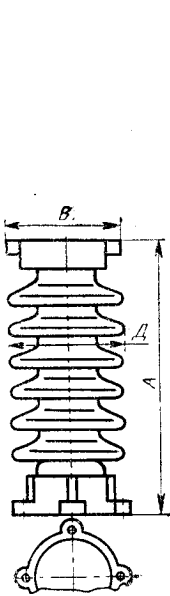


Рис. 28-17. Опорно-штыревой изолятор ОНС-35-500.

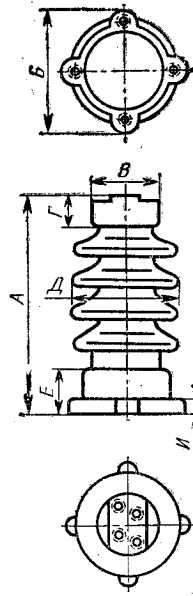


Рис. 28-18. Опорно-штыревой изолятор ОНС-20-500.

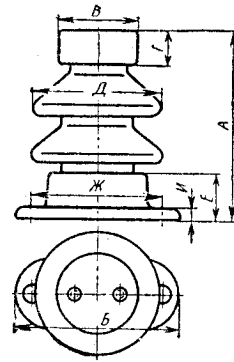


Рис. 28-19. Опорно-штыревой изолятор ОНС-10-300.

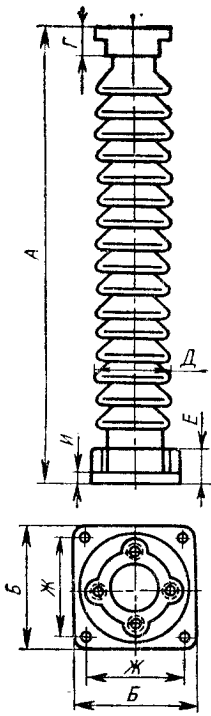


Рис. 28-20. Опорно-штывревой изолятор УСТ-110.

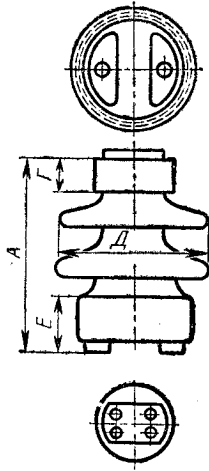


Рис. 28-21. Опорно-штывревой изолятор ОНС-10-500.

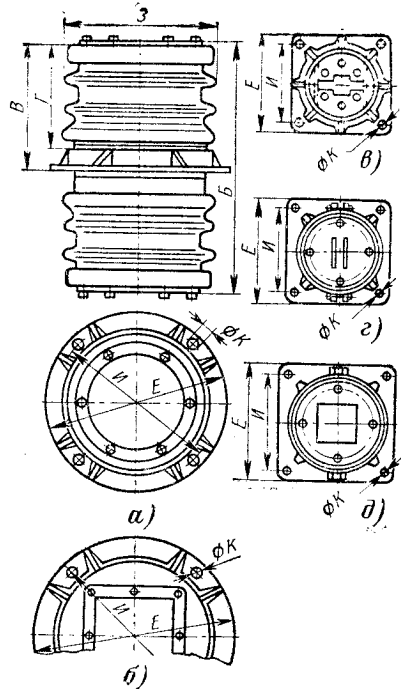


Рис. 28-22. Проходные изоляторы.  
 а — П-20/8000-4250, П-20/12500-4250; б — П-10/5000-4250, П-10/6000-4250, П-10/8000-4250, П-10/10000-4250;  
 в — П-20/1000-2000; П-20/1600-2000, П-20/2000-2000;  
 з — П-20/3200-2000; д — П-20/6300-3000.

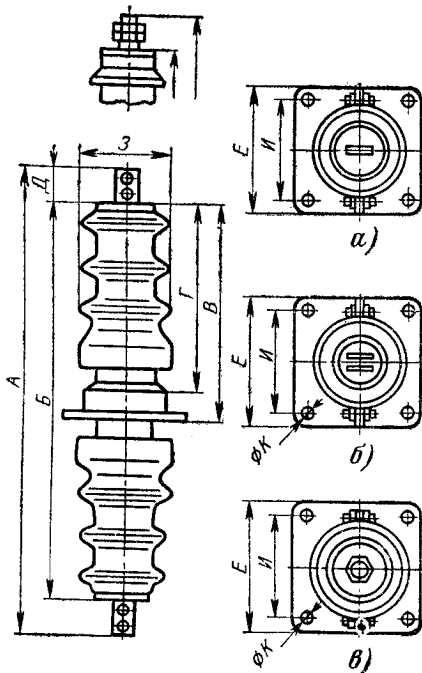


Рис. 28-23. Проходные изоляторы.  
 а — П-35/400-750, П-35/630-750; б — П-35/1000-750;  
 в — ПБ-35/1500.

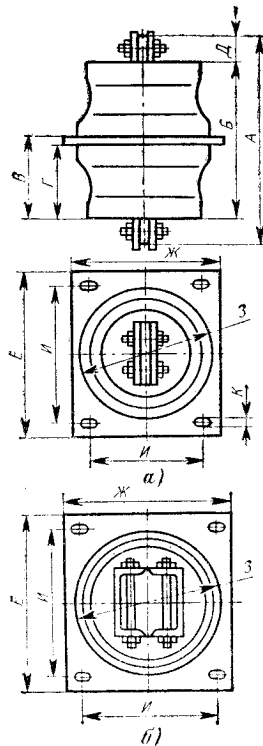


Рис. 28-24. Проходные изоляторы.  
 а — ПК-10/2000-2000;  
 б — ПК-10/4000-2000.

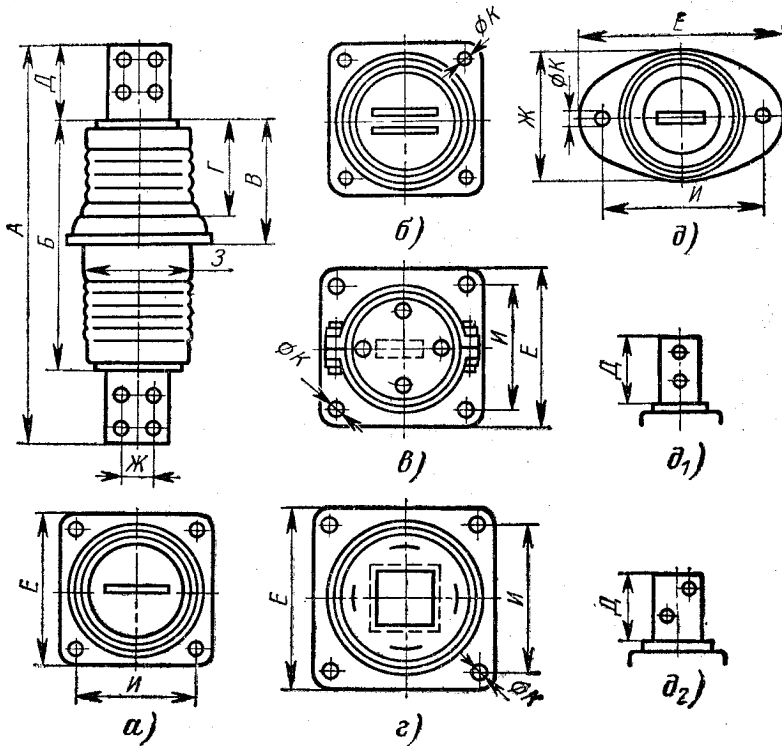


Рис. 28-25. Проходные изоляторы П и ИПШ.

а — П-10/1000-750; б — П-10/1500-750; в — ИПШ-Ш-20/3000; г — ИПШ-Ш-20/6000;  
 д<sub>1</sub> — П-6/250-375, П-6/400-375, П-10/400-750; д<sub>2</sub> — П-10/630-750.

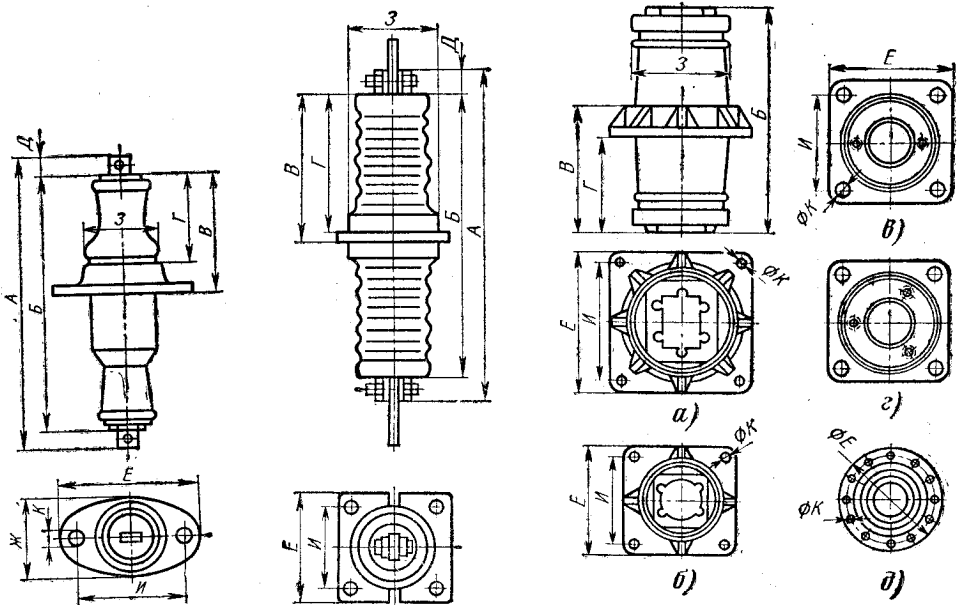


Рис. 28-26. Проходной изолятор ПБ-10/600.

Рис. 28-27. Проходные изоляторы ПК-10/160-189, ПК-10/250-180, ПК-10/400-180, ПК-10/1600-750.

Рис. 28-28. Проходной изолятор П. а — П-10/1000-3000, П-10/1600-3000, П-10/2000-3000, П-10/3200-3000; б — П-10/1000-2000, П-10/2000-2000; в — ВМГ-133-П/160; г — ВМГ-133-П/1000; д — ТВ-1000/2.

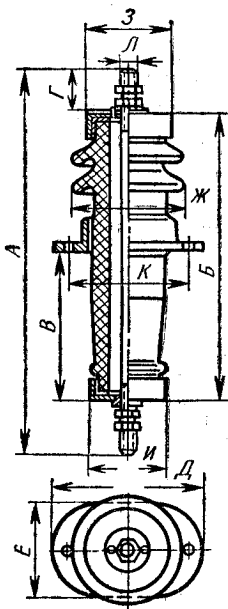


Рис. 28-29. Проходные изоляторы для наружной установки ПНБ-6/400, ПНБ-6/600, ПНБ-6/1000, ПНБ-6/1500.

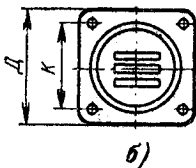
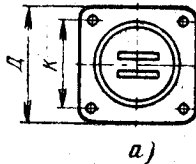
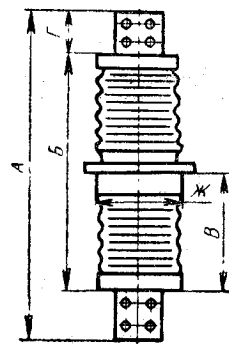


Рис. 28-30. Проходные изоляторы для наружной установки. а — ПН-20/2000-1250; б — ПН-20/3200-1250.

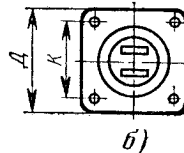
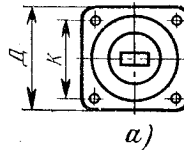
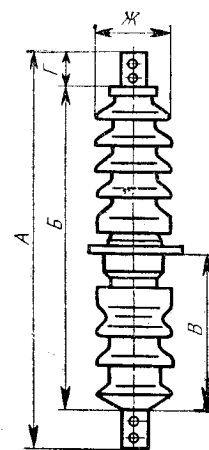


Рис. 28-31. Проходные изоляторы для наружной установки. а — ПН-35/400-750, ПН-35/630-750, ПН-35/600-750, ПНБ-35-600; б — ПН-35/1000-750, ПНБ-35-1000, ПНБ-35-1600-750.

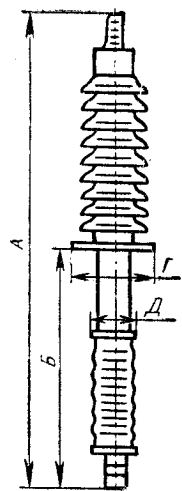


Рис. 28-33. Маслонаполненные вводы ГБМЛ -66/1200У, 0 + 90 ГБМЛ -220/1000, 0 + 90

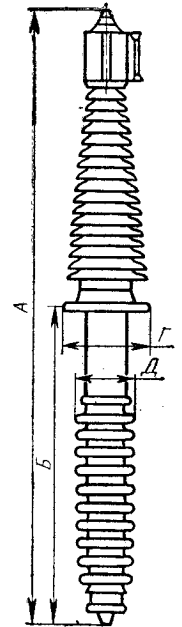
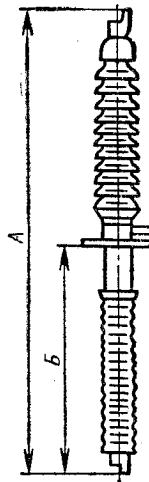
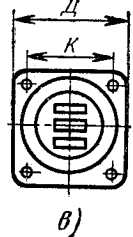
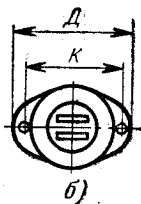
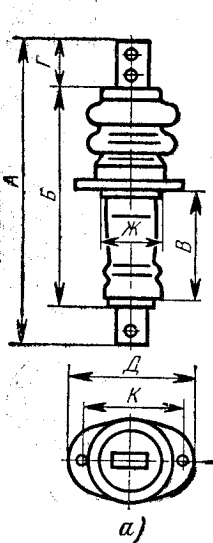


Рис. 28-35. Маслонаполненные вводы БМЛ -110/1000, БМЛ -110/1000, БМЛ -110/2000, БМЛ -110/1000, БМЛ -110/2000, БМЛ -110/1000У, БМЛ -110/2000У, БМЛ -110/2000У, БМЛ -220.

Рис. 28-32. Проходные изоляторы для наружной установки. а — ПН-10/400-750, ПН-10/630-750, ПН-20/2000-1250; б — ПН-10/1000-750, ПН-20/3200-1250; в — ПН-10/2000-1250.

Рис. 28-34. Маслонаполненные вводы ГБМЛП -110/1000, 0 + 90 ГБМЛП -110/2000, 0 + 90 ГБМЛП -110/1000У, 0 + 90 ГБМЛП -110/2000У, 0 + 90





Продолжение табл. 28-2

Тип изолятора	Размеры, мм									№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	
ОФ-6-375п* (ОМАП-6)	140	77	60	15	77	25	—	—	—	28-2,б
ОФ-6-750кр* (ОБ-6кр)	185	127	80	38	106	46	—	140	26	28-6,а
ОФ-6-750ов* (ОБ-6ов)	185	215	82	38	106	48	175	—	12	28-7
ОФ-10-375 (ОМА-10)	120	82	60	18	80	20	—	—	20	28-2,в
ОФ-10-375кр* (ОА-10кр)	190	108	62	27	86	36	—	—	20	28-6,а
ОФ-10-375п (ОМАП-10)	160	82	60	15	80	25	—	160	—	28-2,б
ОФ-10-375ов (ОА-10ов)	190	160	62	26	86	36	150	—	13	28-7
ОФ-10-750 (ОМБ-10)	120	102	80	18	100	30	—	—	20	28-2,в
ОФ-10-750кр* (ОБ-10кр)	215	136	85	38	106	52	—	140	26	28-6,а
ОФ-10-750ов* (ОБ-10ов)	215	215	82	38	108	52	175	—	12	28-7
ОФР-10-750 (ОМБ-11)	124	115	—	18	23	30	—	—	120	28-4,б
ОФ-10-1250	120	90	70	24	110	—	—	140	44	28-4,в
ОФ-10-1250кв* (ОБ-10кв)	225	175	101	42	130	53	—	—	15	28-1
ОФ-10-2000 (ОМД-10)	134	160	110	—	155	30	—	155	—	28-2,д
ОФ-10-2000кв (ОД-10кв)	235	190	128	46	150	60	—	—	18	28-1
ОФ-10-3000 (ОМБ-10)	134	180	—	20	180	30	—	—	—	28-2,е
ОФР-10-3000	150	200	—	25	180	35	—	180	—	28-4,о
ОФ-10-4250кв	230	140	140	46	180	65	—	—	20	28-1
ОФ-10-6000 (ОР-10)	250	220	142	91	200	20	70	—	180	28-5
ОФ-20-375 (ОМА-20)	210	100	75	18	95	20	—	—	—	28-2,в
ОФ-20-375кр* (ОА-20кр)	295	130	80	38	100	46	—	—	25	28-6,б
ОФР-20-750 (ОМБ-20)	160	160	120	55	—	55	—	175	—	28-4,а
ОФ-20-2000кв (ОД-20кв)	315	220	128	68	170	20	—	—	16	28-9
ОФ-20-3000 (ОМЕ-20)	206	186	130	—	90	3	—	208	—	28-10
ОФ-20-4250кв	305	265	155	70	200	20	—	170	46	28-9
ОФ-35-375 (ОМА-35)	372	110	39	30	110	97	—	—	48	28-3,б
ОФ-35-375ов* (ОА-35ов)	350	215	87	50	120	12	175	—	38	28-3,в
ОФ-35-375кр* (ОА-35кр)	380	136	85	38	120	52	—	155	26	28-3,е
ОФ-35-750 (ОМБ-35)	372	140	39	30	150	97	—	—	48	28-3,б
ОФ-35-750кв* (ОБ-35кв)	400	190	101	60	150	12	—	—	42	28-3,д
ОФ-35-1250кв	400	180	—	73	160	18	140	—	20	28-3,а
ОФ-35-2000кв	412	206	—	85	175	18	160	—	20	28-3,а
ИОТА-6	100	75	60	20	84	18	—	—	—	28-4,б
ИОТБ-6	100	100	78	20	110	18	—	—	—	28-4,б
ИОТА-10	120	82	82	26	94	20	—	—	—	28-4,б
ИОТБ-10	120	100	80	26	112	20	—	—	—	28-4,б
ИОТД-10	130	160	120	20	170	20	—	—	—	28-4,б
ИОТЕ-20у	206	185	65	15	206	30	—	—	25	28-4,е
ИОТА-35у	340	116	80	26	148	20	—	—	—	28-4,б
ИОТБ-35у	340	137	100	26	173	20	—	—	—	28-4,б

Таблица 28-3

## Технические данные опорно-штыревых, опорно-стержневых и сборных колонок для наружной установки

Тип изолятора	Напряжение, кВ			Разрушающая нагрузка на изгиб, кгс	Масса, кг	Цена, руб. -коп.
	номинальное	сухое разрядное	мокрое разрядное			
ОНШ-6-300 (ШН-6)	6	38	28	300	2,54	2—35
ОНШ-10-500 (ШН-10)	10	50	34	500	4,1	2—70
ОНШ-10-2000 (ИШД-10)	10	50	34	2 000	12,1	5—80
ОНВП-35-1000 (ИШК-35)	35	—	—	1 000	25,0	9—50
ОНШ-35-1000 (ШТ-35)	35	—	—	1 000	32,6	12—10
ОНШ-35-2000	35	120	80	2 000	44,6	14—40
ОНВП-35-110-1000	35—110	—	—	1 000	29,0	11—50
ОНСМ-10-2000	10	47	34	2 000	8,8	—
ОНС-10-300 (ОН-10)	10	47	34	300	2,7	1—55
ОНС-10-500 (СТ-10)	10	47	34	500	4,5	—
ОНС-10-2000 (КО-10)	10	47	34	2 000	26,0	9—30
ОНС-20-500	20	75	55	500	9,5	8—00
ОНС-20-1000	20	75	55	1 000	15,5	8—10
ОНС-20-2000	20	75	55	2 000	20,0	18—20
ОНС-35-500 (СТ-35)	35	110	85	500	15,1	8—00
ОНСУ-35-1000 (КО-35с)	35	110	85	1 000	46,0	13—80
ОНС-35-2000	35	110	85	2 000	43,5	—
ОНСУ-35-500	35	110	85	500	44,0	—
ОНС-110-300	110	295	215	300	43,0	27—60
ОНС-110-500 (АКО-110)	110	295	215	500	68,0	41—00
ОНС-110-1000	110	295	215	1 000	76,0	45—50
ОНС-110-2000	110	295	215	2 000	83,0	—
ОНСМ-10-300	110	295	215	400	30,7	—
ОНСП-110-300 (КО-400)	110	295	215	400	32,1	—
(КО-400с)	35	135	90	1 000	36,5	12—00
(КО-15с)	35	135	90	1 000	42,0	16—00
(КО-20СУ)	15	63	45	1 500	33,0	10—30
(КО-35СУ)	20	75	55	1 200	33,0	—
(КО-110-1300)	35	110	85	900	44,0	—
(ОС-1)	110	295	215	1 300	59,0	—
(УСТ-110)	35	113	57	1 250	28,4	8—90
(КО-110-2000)	110	295	215	400	43,0	30—50
	110	295	215	2 000	92,0	—

Примечание. Данные взяты из каталога 20.02.04-69, 20.02.09-71. В скобках указано старое обозначение типа изолятора. Условные обозначения: О — опорный; Н — наружной установки;

С — стержневой; У — усиленный, с увеличенной длиной пути утечки тока (категория Б); ВП — с внутренней полостью; Ш — штыревой.

Таблица 28-4

## Размеры опорно-штыревых и опорно-стержневых изоляторов и сборных колонок для наружной установки

Тип изолятора	Размеры, мм						№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	
ОНШ-6-300 (ШН-6)	170	140	92	41	78	50	28-11,а
ОНШ-10-500 (ШН-10)	190	160	106	53	100	70	28-11,а
ОНШ-10-2000 (ОШД-10)	210	250	150	65	150	120	28-11,б
ОНВП-35-1000 (ИШК-35)	400	370	170	70	170	140	28-12

Продолжение табл. 28-4

Тип изолятора	Размеры, мм						№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	
ОНШ-35-1000 (ШТ-35)	400	370	170	70	170	140	28-11,а
ОНШ-35-2000	—	—	—	—	—	—	28-13
ОНВП-35-110-1000	—	—	—	—	—	—	28-14
ОНС-10-300 (ОН-10)	175	140	67	30	120	40	28-19
ОНС-10-500 (СТ-10)	190	—	64	40	140	54	28-21
ОНС-10-2000 (КО-10)	284	204	—	67	200	67	28-15,а
ОНС-20-500	315	170	92	46	150	64	28-18
ОНС-20-1000	360	180	130	40	160	67	28-16
ОНС-20-2000	355	204	140	56	200	85	28-16
ОНС-35-500	420	170	170	70	175	70	28-17
ОНСУ-35-1000 (КО-35с)	570	204	204	67	230	67	28-15,а
ОНС-35-2000	500	227	204	85	225	100	28-15,а
ОНСУ-35-500	570	180	170	44	210	74	28-16,б
ОНС-110-300	1 050	204	140	55	200	60	28-16
ОНС-110-500 (АКО-110)	1 100	204	204	85	225	85	28-15,а
ОНС-110-1000	1 660	204	204	85	230	100	28-15,а
ОНС-110-2000	1 100	234	234	—	230	—	28-15,а
(КО-400)	500	204	204	67	200	67	28-15,а
(КО-400с)	500	204	204	67	230	67	28-15,а
(КО-15с)	360	204	204	67	227	67	28-15,а
(КО-20СУ)	420	204	204	67	230	67	28-15,а
(КО-35СУ)	590	204	204	67	230	67	28-15,а
(КО-110-1300)	1 100	220	194	—	225	—	28-15,а
(УСТ-110)	1 050	204	—	64	185	67	28-20
(СО-1)	280	430	—	—	—	140	28-11,а

Таблица 28-5

## Технические данные проходных изоляторов для внутренних установок

Тип изолятора	Номинальный ток, А	Напряжение, кВ		Разрушающая нагрузка на изгиб, кгс	Масса, кг	Цена, руб.—коп.
		номинальное	сухое разрядное (не ниже)			
П-6/250-375 (ПА-6/250)	250	6	36	375	3,4	1—90
П-6/400-375	400	6	36	375	3,5	2—00
П-6/400-375* (ПА-6/400)	400	6	36	375	3,5	2—00
ПК-10/160-180	160	10	47	180	1,2	—
ПК-10/250-180	250	10	47	180	1,4	—
ПК-10/400-180	400	10	47	180	1,7	—
П-10/400-750 (ПБ-10/400)	400	10	47	750	5,5	2—35
П-10/630/750 (ПБ-10/600)	630	10	47	750	5,7	3—15
(ПБ-10/600*)	600	10	47	750	6,6	4—00
П-10/1000-750 (ПБ-10/1000)	1 000	10	47	750	7,2	5—50
П-10/1500-750 (ПБ-10/1500)	1 500	10	47	750	8,0	6—50
ПК-10/1600-750	1 600	10	47	750	5,0	—
ПК-10/2000-2000	2 000	10	47	2 000	9,5	—
ПК-10/4000-2000	4 000	10	47	2 000	13,5	—
П-10/1000-2000	1 000	10	47	2 000	18,4	—
П-10/2000-2000	2 000	10	47	2 000	18,4	—
П-10/1000-3000 (ПШД-10)	1 000	10	47	3 000	32,6	11—00

Продолжение табл. 23-5

Тип изолятора	Номинальный ток, А	Напряжение, кВ		Разрушающая нагрузка на изгиб, кгс	Масса, кг	Цена, руб.—кол.
		номинальное	сухое разрядное (не ниже)			
П-10/1600-3000	1 600	10	47	3 000	32,6	20—00
П-10/2000-3000 (ПШЕ-10)	2 000	10	47	3 000	32,6	20—00
П-10/3200-3000	3 200	10	47	3 000	32,6	20—00
П-10/5000-4250 (ПШЛ-10/5000-10000)	5 000	10	47	4 250	76,5	100—00
П-10/6000-4250	6 000	10	47	4 250	75,0	100—00
П-10/8000-4250	8 000	10	47	4 250	72,0	100—00
П-10/10000-4250	10 000	10	47	4 250	33,0	100—00
П-20/1000-2000 (ПШД-20)	1 000	20	45	2 000	33,0	20—00
П-20/1600-2000	1 600	20	75	2 000	33,0	20—00
П-20/2000-2000	2 000	20	75	2 000	33,0	20—00
П-20/3200-2000 (ИПШ-Ш-20/3000)	3 200	20	75	2 000	47,0	50—00
П-20/6300-3000 (ИПШ-Ш-20/6000)	6 300	20	75	3 000	51,6	40—00
П-20/8000-4250 (ПШЛ-20/8000-1250)	8 000	20	75	4 250	140,0	110—00
П-20/10000-4250	10 000	20	75	4 250	140,0	110—00
П-20/12500-4250	12 500	20	75	4 250	135,0	110—00
ИПШ-Ш-20/3000	3 000	20	75	2 000	47,0	—
ИПШ-Ш-20/6000	6 000	20	75	2 000	52,0	—
П-35/400-750 (ПБ-35/400)	400	35	110	750	32,5	20—00
П-35/630-750 (ПБ-35/600)	630	35	110	750	32,5	22—50
П-35/1000-750 (ПБ-35/1000)	1 000	35	110	750	36,0	22—50
ПБ-35/1500**	1 500	35	110	750	37,0	26—50
ВМГ-133л/600	630	10	47	—	6,0	2—80
ВМГ-133л/1000	1 000	10	47	—	6,0	4—30
ТВ-100/2	—	10	—	—	36,5	15—40

\* Изолятор с медными шинами. Его применение должно быть согласовано с Министерством электротехнической промышленности.

\*\* Снимаются с производства.

Примечание. Данные из каталога 20.02.05-70. П — проходной для РУ; ПК — проходной для КРУ.

Таблица 28-6

## Размеры проходных изоляторов для внутренних установок

Тип изолятора	Размеры, мм										№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	
П-6/250-375	300	269	167	135	70	165	110	85	140	11	28-25, а <sub>1</sub>
П-6/400-375	400	260	167	135	70	165	110	85	140	11	28-25, а <sub>2</sub>
П-6/400-375*	375	305	162	140	35	167	102	85	132	12	28-25
ПК-10/160-180	290	230	118	112	30	90	—	70	68	9	28-27
ПК-10/250-180	290	230	118	112	30	90	—	70	68	9	28-27
ПК-10/400-180	290	230	118	112	30	110	—	88	84	9	28-27
Н-10/400-750	450	310	196	158	70	205	130	100	165	13	28-25, а <sub>1</sub>
П-10/630-750	450	310	196	158	70	205	130	100	165	13	28-25, а <sub>2</sub>
ПБ-10/600*	455	350	209	164	52	205	130	120	165	12	28-26
П-10/1000-750	500	310	196	150	95	190	—	135	150	13	28-25, а
П-10/1500-750		—	—	—	—	20	200	—	160	150	—
ПК-10/1600-750	290	250	—	—	20	200	—	160	150	—	28-27
ПК-10/2000-2000	330	250	130	120	40	265	235	210	220	13	28-24, а
ПК-10/4000-2000	330	250	120	110	40	355	320	85	290	13	28-24, б
П-10/1000-2000	—	480	252	202	—	240	—	155	200	18	28-28, б
П-10/1000-3000	—	488	270	205	—	305	—	205	260	18	28-28, а
П-10/1600-3000											
П-10/3200-3000											
П-10/5000-4250	—	640	412	332	—	555	—	380	495	20	28-22, б
П-10/6000-4250	—	640	412	332	—	555	—	380	495	20	28-22, б
П-10/8000-4250	—	615	400	320	—	555	—	380	495	20	28-22, б
П-20/1000-2000	—	726	375	310	—	305	—	205	286	20	28-22, в
П-20/1600-2000	—	726	375	310	—	305	—	205	286	20	28-22, в

Продолжение табл. 28-5

Тип изолятора	Размеры, мм										№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	
П-20/2000-2000	—	726	375	310	—	305	—	205	286	20	28-22, в
П-20/3200-2000	—	770	424	346	—	322	—	265	266	20	28-22, г
П-20/6300-3000	—	745	381	303	—	360	—	265	304	20	28-22, д
П-20/8000-4250	—	930	535	455	—	660	—	520	608	20	28-22, б
П-20/10000-4250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
П-20/12500-4250	—	930	535	455	—	660	—	550	608	20	28-22, а
ИПШ-Ш-20/3000	—	722	394	316	—	322	—	265	266	16	28-22, е
ИПШ-Ш-20/6000	—	722	394	316	—	360	—	310	304	16	28-25, а
П-35/400-750	910	770	416	354	70	250	—	190	200	15	28-23, г
П-35/630-750	950	770	416	354	90	250	—	190	200	15	28-23, а
П-35/1000-750	1 010	785	415	355	112	260	—	220	200	15	28-23, б
ПБ-35/1500*	960	815	373	311	725	250	—	180	200	15	28-23, в
ВМГ-133II/600	—	273	116	78	—	150	—	100	116	17	28-28, в
ВМГ-133II/1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28-28, г
ТВ-100/2	—	760	455	400	—	328	—	175	275	17	28-28, д

Таблица 28-7

## Технические данные проходных изоляторов наружных установок

Тип изолятора	Номи- нальный ток, А	Напряжение, кВ			Минимальная разрушающая нагрузка на изгиб, кгс	Мас- са, кг	Цена, руб.-коп.
		номи- нальное	сухое разрядное (не ниже)	мокрое разрядное (не ниже)			
(ПНБ-6/400)	400	6	38	28	750	9,31	4—55
(ПНБ-6/600)	600	6	38	28	750	9,91	5—55
(ПНБ-6/1000)	1 000	6	38	28	750	13,0	7—10
(ПНБ-6/1500)	1 500	6	38	28	750	15,5	9—10
ПН-10/400-750 (ЛНБ-10/400)	400	10	47	34	750	6,7	4—40
ПН-10/600-750 (ПНБ-10/600)	630	10	50	34	750	10,0	4—70
ПН-10/630-750	630	10	47	34	750	7,1	—
ПН-10/1000-750	1 000	10	47	34	750	7,6	11—10
ПН-10/2000-1250	2 000	10	47	34	1 250	12,0	—
ПН-20/2000-1250 (ПНБ-20/2000)	2 000	20	75	55	1 250	34,7	24—00
ПН-20/3200-1250 (ПНБ-20/3200)	3 200	20	75	55	1 250	38,0	28—00
ПН-35/400-750 (ПНБ-35/400)	400	35	110	85	750	34,0	23—00
ПН-35/600-750 (ПНБ-35/600)	630	35	120	80	750	36,0	23—00
ПН-35/600-750* (ПНБ-35/600)	630	35	120	80	750	41,0	25—00
ПН-35/630-750 (ПНБ-35/630)	630	35	110	85	750	36,0	—
ПН-35/1000-750 (ПНБ-35/1000)	1 000	35	110	85	750	38,0	29—00
ПН-35/1600-750 (ПНБ-35/1600)	1 600	35	120	80	750	39,0	31—00
ПН-35/1600-750 (ПНБ-35/1600)	1 600	35	120	80	750	42,2	36—50
ПНШ-35/3000-2000 (ИПШН-Ш-35/3000)	3 000	35	120	80	2 000	72,0	63—00
ПНШ-35/6000-2000 (ИПШН-Ш-35/6000)	6 000	35	120	80	2 000	87,0	44—00
ПНШ-35/10000-4250 (ПШНУ-35/10000)	10 000	35	—	—	4 250	250,0	155—00
ПЭТ-20/16000	16 000	20	—	—	—	116,0	160—00
МГ <sub>Р</sub> -35	—	35	—	—	—	45,0	22—00
МГ <sub>З</sub> -35	—	35	—	—	—	44,0	19—60
ПЭ-110/1000	1 000	110	—	—	—	12,8	30—50

\* Изготавливаются с медными шинами.  
Примечание. Применение допускается

только по специальным заказам. Данные взяты из каталога 20.02.02-68.

Таблица 28-8

## Размеры проходных изоляторов для наружных установок

Тип изолятора	Размеры, мм											№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	
(ПНБ-6/400)	530	—	—	45	—	—	—	—	—	—	3	28-29
(ПНБ-6/600)	530	—	—	55	—	—	—	—	—	—	6	28-29
(ПНБ-6/1 000)	580	430	215	75	215	140	160	112	108	175	6	28-29
ПНБ-6/1 500	580	—	—	75	—	—	—	—	—	—	1М30	28-29
ПН-10/400-750	560	395	186	90	215	—	—	—	—	175	1М39	28-32,а
(ПНБ-10/400)	580	395	186	90	215	—	—	—	—	175	—	28-32,а
ПН-10/630-750	580	395	186	90	215	—	—	—	—	175	—	28-32,б
ПН-10/1 000-750	580	395	186	90	215	—	—	—	—	175	—	28-32,б
(ПН-10/1 000)												
ПН-10/2 000-1 250	650	415	205	120	205	—	—	—	—	155	—	28-32,в
ПН-20/2 000-1 250	850	600	310	120	270	—	240	—	—	270	—	28-32,а
ПН-20/3 200-1 250	850	600	310	120	270	—	240	—	—	270	—	28-30,б
ПНВ-20/3 200												
ПН-35/400-750	1 020	850	390	90	250	—	200	—	—	250	—	28-31,а
ПН-35/630-750	1 040	850	410	90	250	—	200	—	—	200	—	28-31,а
ПН-35/1 000-750												28-31,б
ПНБ-35/1 000	1 080	850	405	110	260	—	250	—	—	200	—	28-31,б
ПНШ-35/3 000-200	1 090	295	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПНШ-35/6 000-2 000	1 065	310	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПЗТ-20/16 000	438	750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МГ <sub>Г</sub> -35	480	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МГ <sub>З</sub> -35	470	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: Нет данных по проходным изоляторам следующих типов: ПН-10/600-750; ПНБ-35/600; ПН-35/1000-750; ПН-35/600-750; ПН-35/600-750; ПНБ-35/600; ПНШ-35/3 000; ПНШ-35/10 000-4 250; ПНШ-35/10 000-2 000; ПНШ-35/10 000; ПН-35/1 600-750; ИПШН-Ш-35/6 000; ПШНУ-35/10 000; ПЭ-110/1 000.

Таблица 28-9

## Допустимый ток 10-секундной термической устойчивости проходных изоляторов

Номинальный ток, А	200	400	600	1 000	1 500	2 000
$I_{\text{терм}}, \text{кА}$	13	26	59	114	174	220

Таблица 28-10

## Технические данные маслонаполненных вводов

Тип	Номинальный ток, А	Напряжение, кВ				Масса, кг	Цена, руб.-коп.
		номинальное	сухое разрядное	мокрое разрядное	испытательное при 50 Гц		
БМЛ-110/1000 15	1 000	110	295	215	265	243	352
БМЛ-110/1000 90	1 000	110	295	215	265	290	404
ГБМЛП-110/1000	1 000	110	295	215	265	281	—
БМЛ-110/2000 90	2 000	110	295	215	265	300	418
БМЛ-110/2000 15	2 000	110	295	215	265	240	—
ГБМЛП-110/2000 с-90	2 000	110	295	215	265	288	—
ГБМЛ-66/1200у 0-90	1 200	66	170	130	150	166	—

Продолжение табл. 28-10

Тип	Номинальный ток, А	Напряжение, кВ				Масса, кг	Цена, руб.-коп.
		номинальное	сухое разрядное	мокрое разрядное	испытательное при 50 Гц		
ГБМЛП-100/1000у 0-90	1 000	110	295	215	265	313	—
БМЛ-110/1000у 90	1 000	110	295	215	265	335	424
БМЛ-110/2000у 90	2 000	110	295	215	265	340	—
ГБМЛ П-110/2000у 0-90	2 000	110	295	215	265	320	—
ГБМЛ-220/1000 0-90	1 000	220	550	425	490	1 170	—
БМЛ-220 15	—	220	375	350	350	1 710	1 775

Примечание. Данные взяты из каталога 20.01.01-67. МБ — маслобарьерный; Г — герметический; у — усиленный, для мест с загрязненной атмосферой; БМ — ввод с бумажно-масляной внут-

ренней изоляцией; Л — для прохода через стены и перекрытия; П — с измерительным конденсатором для подключения ПИН.

Таблица 28-11

## Размеры маслонаполненных вводов

Тип	Размеры, мм						№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	
БМЛ-110/1000 15	3 310	1 730	—	528	230	—	28-35
БМЛ-110/1000 90	3 410	1 820	—	528	230	—	28-35
ГБМЛП-110/1000 0-90	3 460	1 805	—	528	245	—	28-34
БМЛ-110/2000 90	3 565	1 900	—	528	230	—	28-35
БМЛ-110/2000 15	3 440	1 730	—	528	230	—	28-35
ГБМЛП-110/2000 0-90	3 490	1 820	—	528	245	—	28-34
ГБМЛ-66/1200у 0-90	2 530	1 290	—	390	170	—	28-33
ГБМЛП-110/1000у 0-90	3 600	1 805	—	528	245	—	28-34
БМЛ-110/1000у 90	3 750	1 820	—	528	230	—	28-35
БМЛ-110/2000у 90	3 905	1 900	—	528	230	—	28-35
ГБМЛП-110/2000у 0-90	3 630	1 820	—	528	245	—	28-34
ГБМЛ-220/1000 0-90	5 745	2 050	—	890	510	—	28-33
БМЛ-220 15	6 390	3 335	—	878	570	—	28-35

Примечание. Данные взяты из каталога 20.01.01-67.



## 28-2. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ И ПРИВОДЫ К НИМ

Таблица 28-12

Технические данные разъединителей

Тип	Предельный сквозной ток к. з., кА		Десяти- кундный ток термической устойчивости, кА	Масса, кг	Цена, руб. -коп.
	Амплитуда	Действующее значение			
РВО-6/400	50	29	10	6	5-30
РВО-6/600	60	35	14	6	5-70
РВО-6/1000	120	71	28	13	9-70
РВО-10/400	50	29	10	6	5-60
РВО-10/600	60	35	14	6	5-80
РВО-10/1000	120	71	28	13	10-70
РЛВО-10/1000	80	47	26	16,5	—
РЛВО-10/2000	85	50	35	25	18-50
РВ-6/400	50	29	10	24	16-50
РВ-6/600	60	35	14	25	19-00
РВ-6/1000	120	71	28	50	32-00
РВ-10/400	50	29	10	26	18-50
РВ-10/600	60	35	14	27	20-00
РВ-10/1000	81	47	28,5	50	36-00
РВ-20/400	45	27	10	60	61-00
РВЗ-1-20/400	45	27	10	65	75-00
РВЗ-2-20/400	45	27	10	70	89-00
РВ-20/600	50	30	10	70	65-00
РВЗ-1-20/600	50	30	10	70	80-00
РВЗ-2-20/600	50	30	10	75	92-00
РВ-20/1000	55	—	14	72	84-00
РВЗ-2-20/1000	55	14	14	120	116-00
РВ-35/400	42	—	10	105	80-00
РВЗ-1-35/400	42	30	10	110	100-00
РВЗ-2-35/400	42	30	10	115	112-00
РВ-35/600	42	30	14	110	91-00
РВЗ-1-35/600	42	30	14	115	106-00
РВЗ-2-35/600	42	30	14	120	121-00
РВ-35/1000	64	—	20	124	115-00
РВЗ-1-35/1000	64	—	20	130	140-00
РВЗ-2-35/1000	64	—	20	135	165-00
РВФ-6/400	50	29	10	35	26-00
РВФ-6/600	60	35	14	38	29-00
РВФ-10/400	50	29	10	41	29-00
РВФ-10/600	60	35	14	45	31-00
РЛВ-10/2000*	86,5	50	36	90	45-60
РЛВ-10/3000*	140	81	50	180	99-00
РЛВШ-6/400*	45	27	10	48	—
РЛВШ-6/600*	60	35	14,5	50	—
РЛВШ-10/400*	45	27	10	54	—
РЛВШ-10/600*	60	35	14,5	70	—
РЛВШ-10/1000*	80	47	28,5	75	39-00
РЛВШ-10/2000*	85	50	36	85	46-00
РЛВШ-10/3000*	140	81	50	185	99-00
РЛВШ-20/400*	45	27	10	70	29-00
РЛВШ-35/400*	50	30	10	83	34-00
РЛВШ-35/600*	50	30	14	84	40-00
РВТ-24/6/400*	84	49	28	81	30-00
РВТ-34/10/1000*	84	49	28	88	34-80
РВУ-10/3000*	200	120	85	212	107-00
РВУ-10/4000*	200	120	85	213	123-00
РВКЗ-1-III-10/2000	85	50	28	107	—
РВКЗ-2-III-10/2000	85	50	28	121	—
РВК-10/2000	85	50	28	63	81-00
РВКЗ-1-10/2000	85	50	28	75	105-00
РВКЗ-2-10/2000	85	50	28	87	125-00
РВК-10/2000	85	50	28	70	93-00
РВК-10/3000	200	120	60	150	120-00
РВК-10/4000	200	120	65	180	140-00
РВК-10/5000	200	120	70	261	220-00
РВК-20/5000	200	120	70	300	252-00
РВК-20/6000	250	145	75	474	380-00
РВК-20/7000	320	—	80	510	500-00
РВК-20/12000	115	—	29	1 500	2 300-00
РВК-20/14000	490	—	165	500	920-00
РВК-35/2000	115	—	29	222	189-00
РВКЗ-1-35/2000	115	—	29	246	219-00
РВКЗ-2-35/2000	115	—	29	270	256-00
РВС-15	520	—	165	500	850-00

Продолжение табл. 28-12

Тип	Предельный сквозной ток к. з., кА		Десяти- секундный ток термической устойчивости, кА	Масса, кг	Цена, руб.-коп.
	Амплитуда	Действующее значение			
<i>Разъединители наружной установки</i>					
РОН-10к/4000	250	—	65	105	80—00
РОНЗ-35/600-1000	50	29	10	145	—
РОН-35/2000	120	47	29	160	105—00
РОНЗ-1-35/2000	120	47	29	170	116—00
РОНЗ-2-35Б/2000	120	47	29	180	123—00
РОН-35Д/2000	120	47	29	160	95—00
РОНЗ-1-35Д/2000	120	47	29	170	110—00
РОНЗ-2-35Д/2000	120	47	29	180	115—00
РОН-110Д/2000	120	47	29	390	228—00
РОНЗ-1-110Д/2000	120	47	29	415	256—00
РОНЗ-2-110Д/2000	120	47	29	430	280—00
РОН-220/2000	80	—	25	1 803	1 110—00
РОН-500/2000	55	32	21,6 (1с)	5 700	—
РОНЗ-1-500/2000	55	32	21,6 (1с)	5 880	3 500—00
РОНЗ-2-500/2000	55	32	21,6 (1с)	6 400	3 700—00
РЛН-6/200	15	9	5	12	—
РЛН-6/400	25	15	9	20	—
РЛН-10/200	15	9	5	20	13—60
РЛН-10/400	25	15	9	20	14—60
РЛН-10/600	35	21	14	20	15—80
РЛН-35	50	29	15	145	—
РЛН-110	50	29	15	425	—
РЛНО-110М/600	50	29	10	170	132—00
РЛНО-110М/1000	50	29	15	175	138—00
РЛНД-35/600	80	31	12	60	41—00
РЛНД-1-35/600	80	31	12	63	46—00
РЛНД-2-35/600	80	31	12	66	50—00
РЛНД-35/1000	80	31	15	65	46—00
РЛНД-35П/1000	80	31	15	68	50—00
РЛНД-1-35П/1000	80	31	15	70	54—00
РЛНД-1-35/1000	80	31	15	68	50—00
РЛНД-2-35/1000	80	31	15	71	53—00
РЛНД-110/600	80	31	12	162	105—00
РЛНД-1-110/600	80	31	12	173	113—00
РЛНД-2-110/600	80	31	12	186	120—00
РЛНД-110/1000	80	31	15	165	110—00
РЛНД-1-110/1000	80	31	15	178	119—00
РЛНД-2-110/1000	80	31	15	191	123—00
РЛНД-110Б/600	80	31	12	162	118—00
РЛНД-1-110Б/600	80	31	12	176	125—00
РЛНД-2-110Б/600	80	31	12	189	133—00
РЛНД-110Б/1000	80	31	15	165	123—00
РЛНД-1-110Б/1000	80	31	15	178	132—00
РЛНД-2-110Б/1000	80	31	15	191	136—00
РЛНД-220П/1000	100	31	15	445	390—00
РЛНД-1-220П/1000	100	31	15	475	420—00
РЛНД-2-220П/1000	100	31	15	500	445—00
РЛНД-220П/2000	100	—	25	660	478—00
РЛНД-1-220П/2000	100	—	25	700	566—00
РЛНД-2-220П/2000	100	—	25	710	625—00
РЛНД-750/2000	67	—	17	7 000	7 700—00
РЛНД-1-750/2000	67	—	17	7 250	8 200—00
РЛНД-2-750/2000	67	—	17	7 500	8 600—00
РЛНД-35/630	64	—	20 (4с)	54	76—00
РЛНДЗ-1-35/630	64	—	20 (4с)	67,2	84—00
РЛНДЗ-2-35/630	64	—	20 (4с)	80,3	91—00
РЛНД-35/1000	64	—	25 (4с)	55	84—00
РЛНДЗ-1-35/1000	64	—	25 (4с)	68,5	91—00
РЛНДЗ-2-35/1000	64	—	25 (4с)	81,5	96—00
РЛНД-35Б/2000	84	—	31,5 (4с)	150,5	180—00
РЛНДЗ-1-35Б/2000	84	—	31,5 (4с)	162	197—00
РЛНДЗ-2-35Б/2000	84	—	31,5 (4с)	178	209—00
РЛНД-110/630	80	—	22 (3с)	165	178—00
РЛНДЗ-1-110/630	80	—	22 (3с)	195	192—00
РЛНДЗ-2-110/630	80	—	22 (3с)	220	204—00
РЛНД-110/1000	80	—	31,5 (3с)	170	187—00
РЛНДЗ-1-110/1000	80	—	31,5 (3с)	200	202—00
РЛНДЗ-2-110/1000	80	—	31,5 (3с)	225	209—00
РЛНД-110/2000	100	—	40 (3с)	311	388—00

Продолжение табл. 28-12

Тип	Предельный сквозной ток к. з., кА		Десяти- кунный ток термической устойчивости, кА	Масса, кг	Цена, руб.-коп.
	Амплитуда	Действующее значение			
РНДЗ-1-110/2000	100	—	40 (3с)	352	435—00
РНДЗ-2-110/2000	100	—	40 (3с)	380	476—00
РНД-110Б/630	80	—	20 (3с)	166	201—00
РНДЗ-1-110Б/630	80	—	20 (3с)	201	214—00
РНДЗ-2-110Б/630	80	—	20 (3с)	229	226—00
РНД-110Б/1000	80	—	31,5 (3с)	171	209—00
РНДЗ-1-110Б/1000	80	—	31,5 (3с)	205	224—00
РНДЗ-2-110Б/1000	80	—	31,5 (3с)	234	231—00
РНД-150/1000	100	—	40 (3с)	355	—
РНДЗ-1-150/1000	100	—	40 (3с)	400	—
РНДЗ-2-150/1000	100	—	40 (3с)	426	—
РНД-150/2000	100	—	40 (3с)	430	—
РНДЗ-1-150/2000	100	—	40 (3с)	465	—
РНДЗ-2-150/2000	100	—	40 (3с)	500	—
РНДЗ-2-220СК/1000	68	—	27 (3с)	601	—
РНДЗ-2-220СК/2000	100	—	40 (3с)	712	—
РНД-500/2000	67	—	17 (3с)	3 900	2 980—00
РНД-1-500/2000	67	—	17 (3с)	4 075	3 250—00
РНД-2-500/2000	67	—	17 (3с)	4 250	3 500—00
РНД-330/2000	67	—	17 (3с)	2 670	1 590—00
РНДЗ-1-330/2000	67	—	17	2 872	1 750—00
РНДЗ-2-330/2000	67	—	17	3 168	1 852—00
РНД-35У/1000	64	—	25 (4с)	140	115—00
РНДЗ-1-35У/1000	64	—	25 (4с)	154	151—00
РНДЗ-2-35У/1000	64	—	25 (4с)	170	184—00
РНД-35У/2000	84	—	33 (4с)	155	183—00
РНДЗ-1-35У/2000	84	—	33 (4с)	169	206—00
РНДЗ-2-35У/2000	84	—	33 (4с)	185	244—00
РНД-110У/1000	80	—	31 (3с)	327	336—00
РНДЗ-1-110У/1000	80	—	31 (3с)	384	407—00
РНДЗ-2-110У/1000	80	—	31 (3с)	420	462—00
РНД-110У/2000	100	—	40 (3с)	394	468—00
РНДЗ-1-110У/2000	100	—	40 (3с)	457	546—00
РНДЗ-2-110У/2000	100	—	40 (3с)	501	633—00
РНД-220У/1000	68	—	27 (3с)	1 602	1 510—00
РНДЗ-1-220У/1000	68	—	27 (3с)	1 645	1 620—00
РНДЗ-2-220У/2000	100	—	40 (3с)	—	—

\* Снят с производства.

Примечания: 1. Обозначение разъединителей: Р — разъединитель; В — внутренней установки; Н — наружной установки; К — с коробчатой токоведущей системой; Д — двухколонковой; В — с движением ножа в вертикальной плоскости; З — с заземляющими контактами; У — с усиленной изоляцией; Б — с механической блокировкой главных и заземляющих ножей; П — с передачей, преобразующей поворот вала привода на угол

180° в поворот колонки разъединителя на 90°; СК — ступенчато-килевого расположения; 1а — с одним заземляющим ножом со стороны главного ножа с ламелями; 1б — то же, без ламелей. Цифра в числителе — номинальное напряжение, кВ; цифра в знаменателе — номинальный ток, А.  
2. Разъединители РЛНД-35, 110, 35Б, 110Б, РОНЗ-35Д, 110Д, РОН-35Д, 35Б, 110Д, РЛН-35, 110 снимаются с производства в 1970—1971 гг., взамен выпускаются РНД-35, 110, 35Б, 110Б.

Таблица 28-13

## Размеры разъединителей внутренней установки

Тип	Размеры, мм									№ рисунка
	А	Б	Б'	В	Г	Г'	Д	Е	Ж	
РВО-6/400	—	—	72	—	418	—	—	144	415	28-36
РВО-6/600	—	—	72	—	418	—	—	148	420	
РВО-6/1000	—	—	72	—	418	—	—	—	—	
РВО-10/400	—	—	72	—	418	—	—	169	440	
РВО-10/600	—	—	72	—	418	—	—	207	445	
РВО-10/1000	—	—	92	—	480	380	279	163	440	
РЛВО-10/1000	450	210	250	—	576	442	354	300	580	28-37
РЛВО-10/2000	450	210	250	—	576	442	354	300	580	
РВ-6/400	697	546	—	200	520	—	—	178	440	
РВ-6/600	697	546	—	200	520	—	—	182	445	
РВ-6/1000	740	585	635	200	794	390	285	188	460	
РВ-10/400	837	646	—	250	540	—	—	—	465	

Продолжение табл. 28-13

Тип	Размеры, мм									№ рисунка
	А	Б	Б'	В	Г	Г'	Д	Е	Ж	
РВ-10/600	837	646	—	250	540	—	—	202	470	28-38
РВ-10/1000	940	725	—	250	—	—	273	—	470	
РВ(3)-20/400	1 200	800	750	300	1 215	—	—	—	685	
РВ(3)-20/600	1 200	800	750	300	1 215	—	—	—	685	
РВ(3)-20/1000	1 200	800	750	300	1 275	—	390	—	685	
РВ(3)-35/400	1 750	1 112	1 156	450	1 765	—	—	—	930	28-39
РВ(3)-35/600	1 750	1 112	1 156	450	1 765	—	—	—	930	
РВ(3)-35/1000	1 750	1 112	1 156	450	1 765	—	—	—	930	
РВФ-6/400	697	580	394	200	412	—	394	174	601	
РВФ-6/600	697	580	410	200	412	—	410	178	618	
РВФ-10/400	837	680	435	250	412	—	435	194	647	28-37
РВФ-10/600	837	680	451	250	412	—	451	198	664	
РЛВ-10/2000*	1 150	—	948	350	655	—	354	304	580	
РЛВ-10/3000*	1 240	—	1 004	350	650	—	405	325	670	
РЛВ-Ш-6/400*	—	622	—	200	—	370	—	245	435	
РЛВ-Ш-6/600*	—	622	—	200	—	370	—	249	445	28-40
РЛВ-Ш-10/400*	—	732	—	250	—	440	—	270	481	
РЛВ-Ш-10/600*	—	732	—	250	—	440	—	273	489	
РЛВ-Ш-10/1000*	—	910	—	350	—	396	—	328	580	
РЛВ-Ш-10/2000*	—	910	—	350	—	396	—	328	580	
РЛВ-Ш-10/3000*	—	966	—	350	—	530	—	355	666	28-41
РЛВ-Ш-20/400*	1 200	800	840	300	632	580	405	375	710	
РЛВ-Ш-35/400*	1 530	—	1 140	450	—	751	—	460	950	
РЛВ-Ш-35/600*	1 530	—	1 140	450	—	751	—	460	970	
РЛВ-Ш-35/1000*	—	—	—	—	526	—	271	—	470	
РВК-10/2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28-42
РВК-10/3000	470	200	240	—	610	500	328	228	555	
РВК-10/4000	470	200	240	—	616	500	375	228	655	
РВК-10/5000	550	—	—	—	715	—	435	—	738	
РВК-20/5000	700	160	—	—	830	610	518	338	905	
РВК-20/6000	700	230	—	—	830	610	556	326	996	28-43
РВК-20/7000	700	234	400	—	830	610	555	336	1 000	
РВК-20/12000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
РВС-15	1 705	1 250	—	500	1 040	—	630	—	920	
РВТ-24*	—	985	—	350	—	370	—	320	620	
РВТ-34*	—	985	—	350	—	370	—	350	650	28-37
РВУ-10/3000*	500	170	—	—	640	—	—	335	740	
РВУ-10/4000*	500	170	—	—	660	—	—	335	758	
РВУ-10/5000*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
РВУ-10/6000*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Таблица 28-14

## Размеры разъединителей наружной установки

Тип	Размеры, мм			Угол поворота, град				№ рисунка
	Высота при открытом ноже	Длина полюса вдоль оси	Между двумя осями полюса	ножа полюса (откры- тие)	ножа зазем- ления	вала разъ- едини- теля	колонки вокруг своей оси	
РОН-10К/4000	850	650	440	—	—	—	—	28-43
РОНЗ-35/2000	1 815	3 260	1 200	75	—	—	—	28-44
РОН-110/2000	3 385	2 040	1 810	75	—	—	—	28-45
РОНЗ-110/2000	3 385	5 872	1 810	75	—	—	—	28-45
РОНЗ-220/2000	5 690	6 800	3 380	75	90	—	—	28-45
РОНЗ-500/2000	9 800	8 058	—	75	—	—	—	28-46
РЛН-6/200-400	500	580	600	35	—	—	—	28-47, а
РЛН-10/200-600	600	670	600	35	—	—	—	
РЛН-35	1 370	1 420	1 050	50	—	105	80	
РЛН-110	2 900	2 070	1 700	60	—	105	80	28-51
РЛНД-35/600	817	958	540	90	90	—	—	28-48
РЛНД-35/1000	829	958	540	90	90	—	—	
РЛНД-110/600	1 224	1 446	1 200	90	90	—	—	
РЛНД-110/1000	1 224	1 446	1 200	90	90	—	—	
РЛНД-220П/600	2 610	3 270	2 200	—	—	—	—	
РЛНД-220П/2000	2 630	3 960	2 300	180	90	—	—	28-49
РНД(3)-35У/1000	910	1 280	620	90	—	—	—	—
РНД(3)-35У/2000	950	1 280	620	90	—	—	—	—
РНД(3)-110/1000	2 000	2 450	1 300	90	—	—	—	—
РНД(3)-110/2000	2 080	2 450	1 300	90	—	—	—	—
РНД(3)-220/1000	3 840	3 980	2 200	90	—	—	—	—
РНД(3)-220/2000	3 840	3 980	2 200	90	—	—	—	—
РНД-330	4020	5 250	4 000	—	—	—	—	28-50
РНД-500	5 260	6 250	5 000	—	—	—	—	28-50

Таблица 28-15

## Приводы к разъединителям

Наименование привода	Тип	Применяется с разъединителем	Масса, кг	Цена руб.-коп.	№ рисунка						
<i>Для внутренней установки</i>											
Привод ручной рычажный для стены толщиной 140 мм, исполнения: I — присоединение тяги сзади; II — присоединение тяги спереди, рукоятка 250 мм	ПР-2I	РВ, РВФ на 6—10 кВ, 400—600 А	3	3—10	28-52, а 28-52, б						
	ПР-2II		1,7	3—10							
Привод ручной рычажный для стены толщиной до 140 мм	ПР-3I	РЛВШ, РВ-10/10000 А РЛВШ-20-35/400—600 А РЛВО-10/1000—2000 А РВК, РВУ-10/3000—4000 А РВ-20/400—600 А	6,6	4—70	28-53, а 28-53, б						
	ПР-3II		5,4								
Привод ручной рычажный для стен толщиной 15, 100, 140 мм, рукоятка длиной 250 мм	ПР-10-I/15	РВ-10/400—600 А	5,4	3—80	—						
	ПР-10-I/100 ПР-10-I/140										
Привод ручной рычажный для стен толщиной 15, 100, 140 мм, рукоятка длиной 350 мм	ПР-10-II/15	РВ-10/1000 А	5,6	4—00	—						
	ПР-10-II/100 ПР-10-II/140										
Штанга	ШО-10	Для однополюсных разъединителей внутренней установки	1,0	—	—						
	ШО-35		1,5	—	—						
Привод ручной червячный, исполнения I, II, III, для стен толщиной 5—150 мм	ПЧ-50/15	РВУ-10/3000—4000 А РО-20/5000—6000 А РВК-10/3000—4000 А РВК-20/500—7000 А	24,0	17—00	28-54						
	ПЧ-50/55		25,4								
	ПЧ-50/100		26,5								
	ПЧ-50/140		27,0								
Привод электродвигательный для дистанционного управления разъединителями. Крепится привод к полу, может быть трехфазного переменного тока 127/220 или 220/380 В и постоянного тока 110 или 220 В	МРВ	РВУ-10/3000—4000 А РВК-10/5000 А РВК-20/5000—7000 А	100	132	28-55						
						Привод электродвигательный	ПДВ-5	РВК-10 на 3 000—5 000 А РВК-20/6000—7000 А	62	164	—
							То же	ПДВ-12	РВК-20/14000 А	100	253
<i>Для наружной установки</i>											
Привод ручной рычажный со встроенными блок-контактами. Длина рукоятки 250—300 мм	ПРН-10	РЛН-6, РЛН-10 ЗОН-110	8	6—50	—						
То же	ПРН-110 ПРН-110В ПРН-110М ПРН-220 ПРН-220М	РЛН-35, РЛН-110 РЛНД-110/300 РЛНД-35, РЛНД-110 РЛНД-150, РЛНД-220 РЛНД2-35, РЛНД2-110	15	13—00	28-56, а						
			40	—							
			12	11—00	28-56, б						
			100	100							
			35	32							
Привод ручной рычажный со встроенными блок-контактами	ПЧН	РЛНО-110 РОН-10/4000	25	27—00	28-58						
Привод электродвигательный	ПДН-220	РОНЗ-220, РЛНЗ-220, РЛНД-330	300	—	28-57, а						
Привод электродвигательный	ПДН-1	на 220—500 кВ	315	625		28-57, б					

Примечание. Использованы: каталоги прејскурант 15-03, 1967 г.; материалы ПК ГПИ 02.07.02-64; 02.07.06-67; 02.07.07-69; 02.07.08-69; 2437; «Тяжпромэлектропроект».

## а) Разъединители

Разъединители внутренней установки для номинальных токов до 1000 А имеют нож, состоящий из двух медных пластин, для токов более 1000 А обычно изготавливаются в полюсном исполнении, соединение отдельных полюсов в трехполюсный разъединитель производится посредством муфт.

Ножи разъединителей на большие токи выполняются из корытообразного профиля.

Разъединители наружной установки до 10 кВ с вертикальным движением ножа выполняются без льдоломающих устройств.

Разъединители на напряжение выше 1000 В имеют это устройство, которое выполнено в виде плоской лопатки, поворачивающейся на  $90^\circ$  вокруг своей вертикальной оси.

Разъединители удовлетворяют ГОСТ 689-55.

## б) Приводы к разъединителям

Управление однополюсными разъединителями внутренней установки осуществляется оперативной изоляционной штангой.

Для управления трехполюсными разъединителями внутренней установки на 6—10 кВ до 1000 А применяются ручные приводы ПР-2, а для токов 1000—2000 А—привод типа ПР-3, для токов 3000—7000 А применяется червячный привод ПЧ-50.

Управление разъединителями наружной установки производится приводами типа ПРН, ПЧН, ПДН.

Дистанционное управление разъединителями внутренней установки осуществляется электродвигательными приводами типов МРВ и ПДВ.

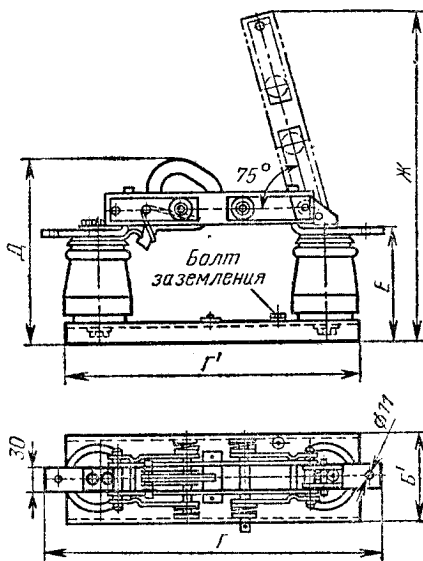


Рис. 28-36. Разъединитель однополюсный РВО-6-10.

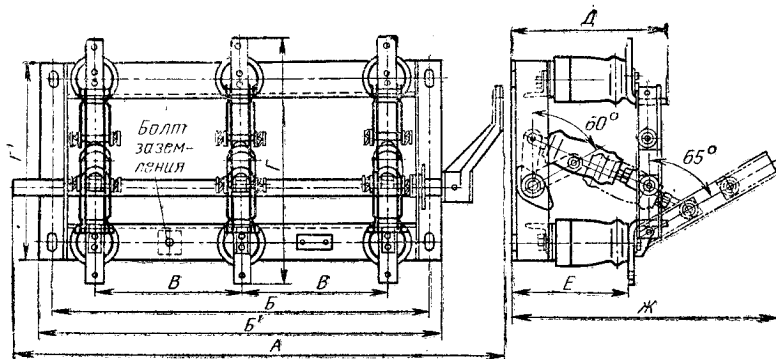


Рис. 28-37. Разъединители РВ, РВЛ, РВЛШ, РВТ.

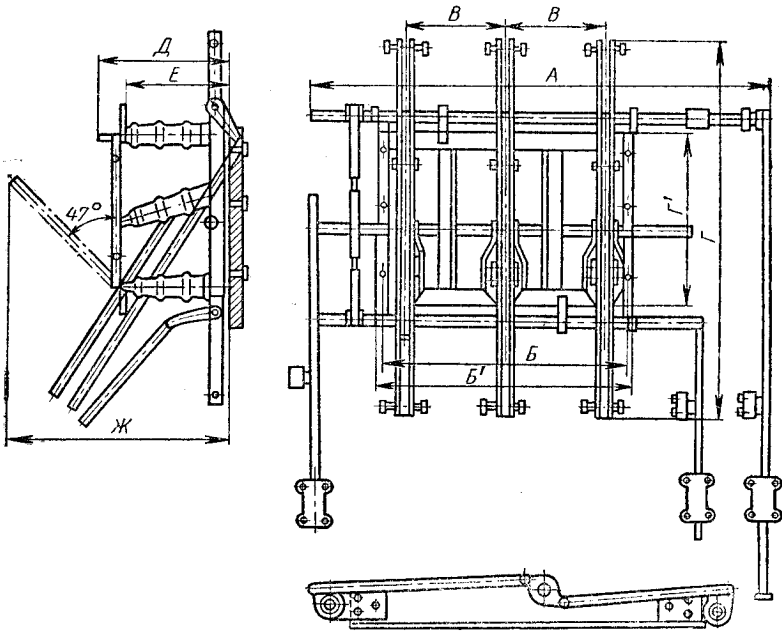


Рис. 28-38. Разъединители РВ(3)-20, РВ(3)-35.

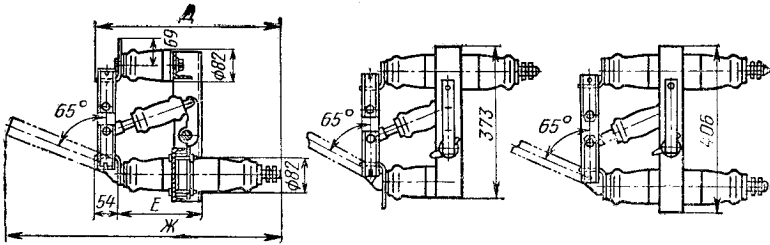


Рис. 28-39. Разъединитель РВФ. Исполнения II, III, IV.

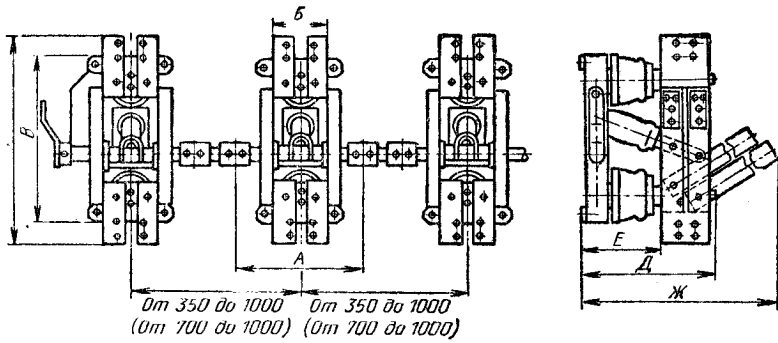


Рис. 28-40. Разъединитель РВК-10 (в скобках размеры для разъединителя РВК-20).

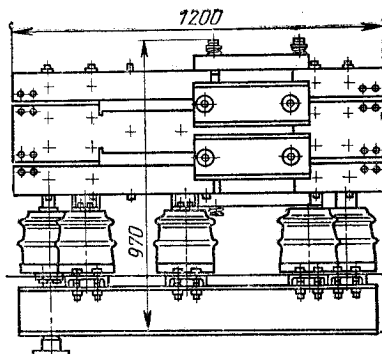


Рис. 28-41. Разъединитель РВК-20/12000.

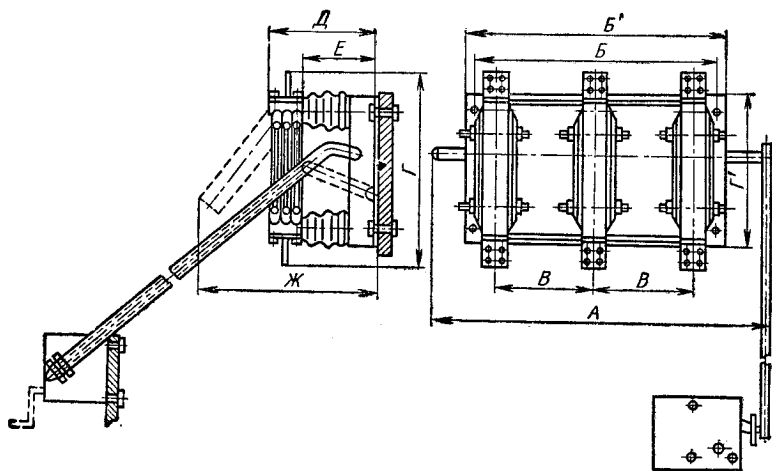


Рис. 28-42. Разъединитель РЭС-15.

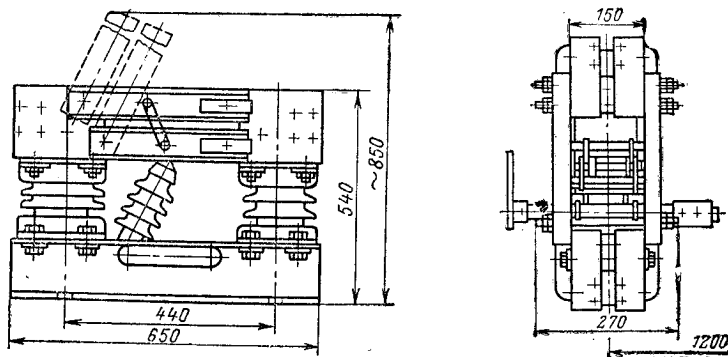


Рис. 28-43. Разъединитель РОН-10К/4000.



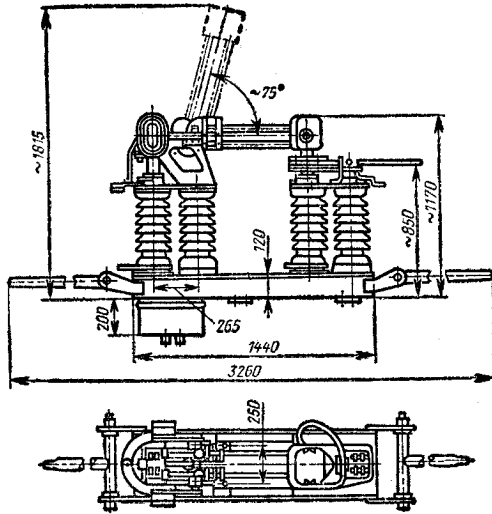


Рис. 28-44. Разъединитель РОН(3)-35/2000.

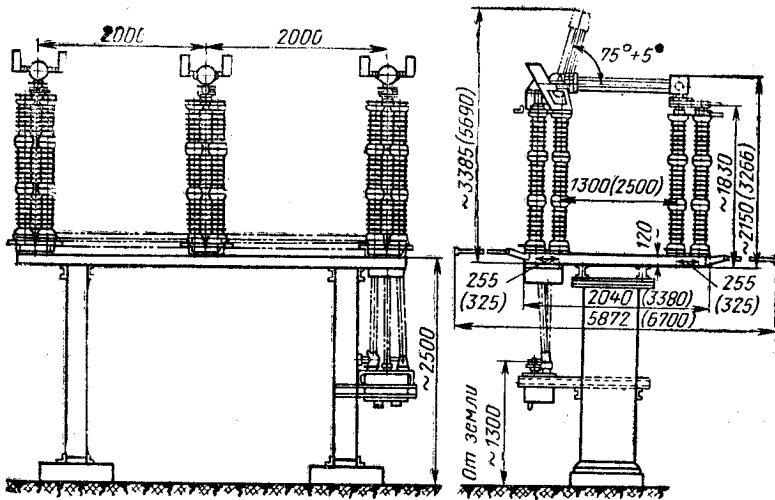


Рис. 28-45. Разъединитель РОН-110/2000 (в скобках даны размеры РОН-220/2000).

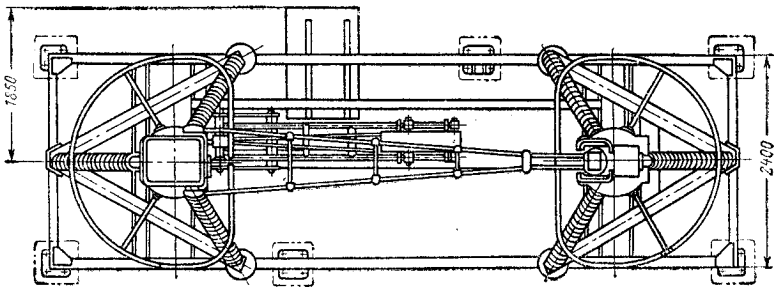


Рис. 28-46. Разъединитель РОН(3)-500/2000.

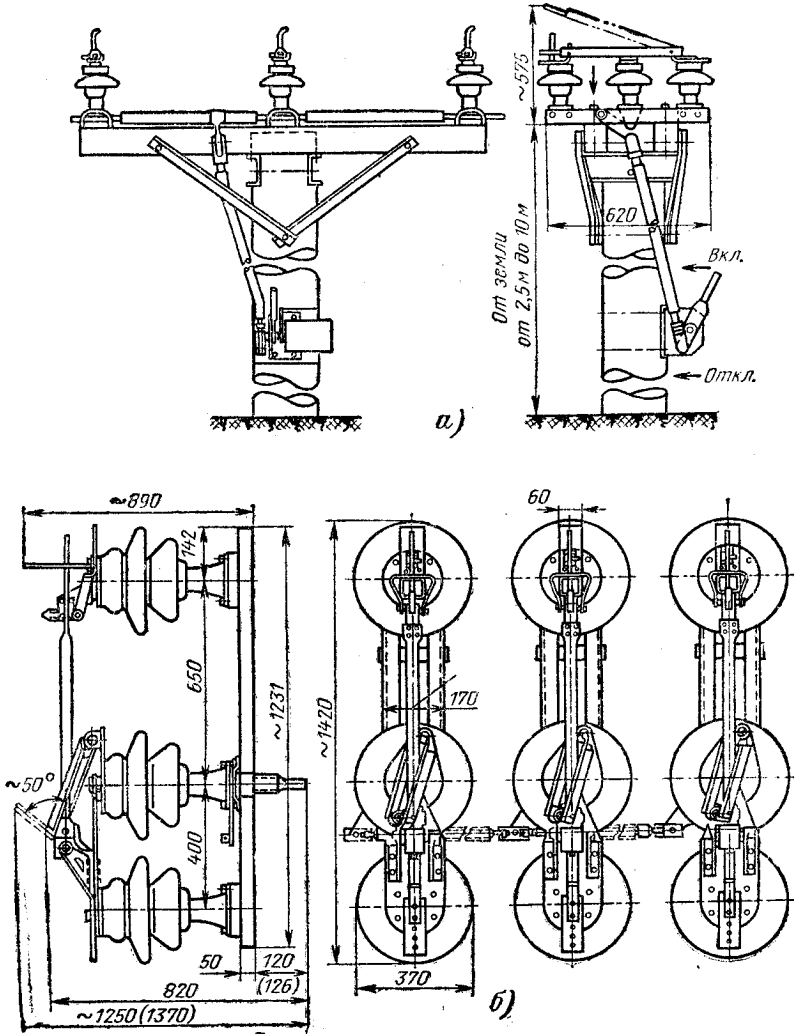


Рис. 28-47. Разъединители наружной установки.  
 а — РЛН-10; б — РЛН-35 и РЛНЗ-35,

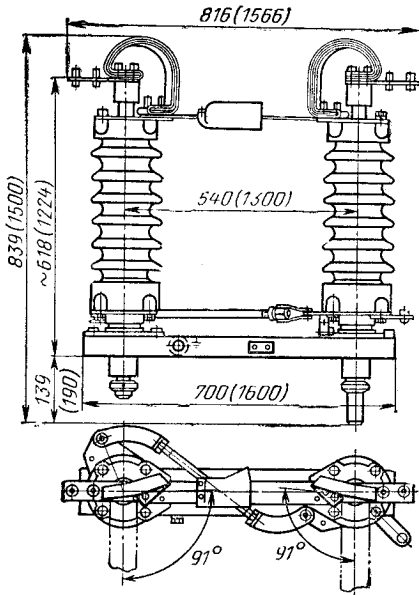


Рис. 28-48. Разъединитель РЛНД-35 (в скобках даны размеры РЛНД-110).

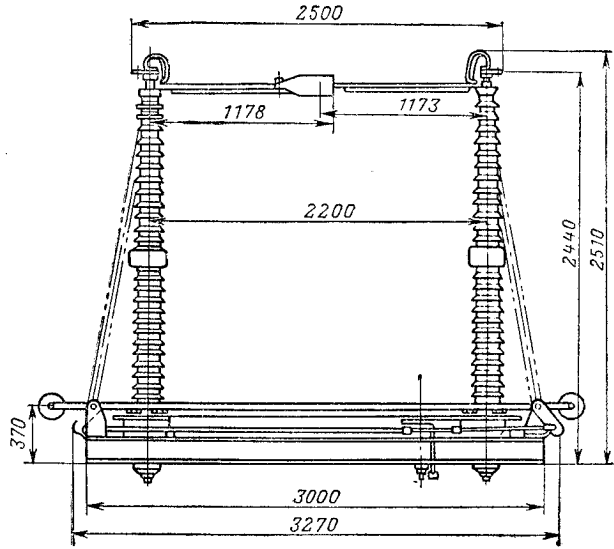


Рис. 28-49. Разъединитель РЛНД-220.

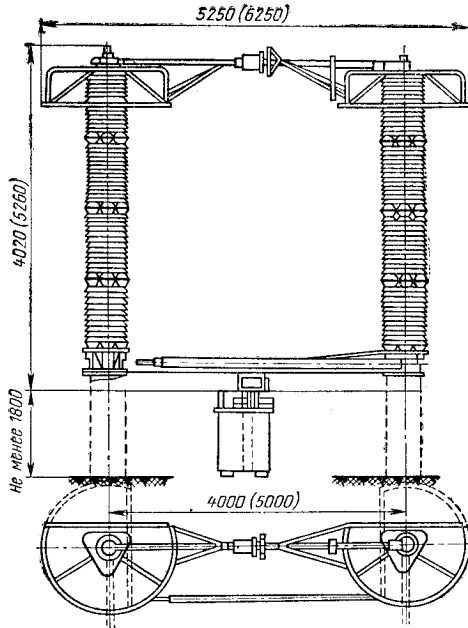


Рис. 28-50. Разъединитель РНД-330 (в скобках даны размеры РНД-500).

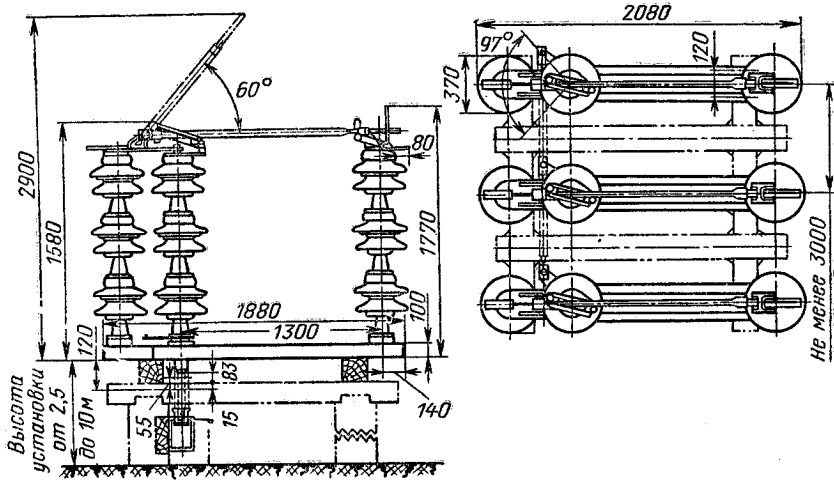


Рис. 28-51. Разъединитель РЛН-11в.

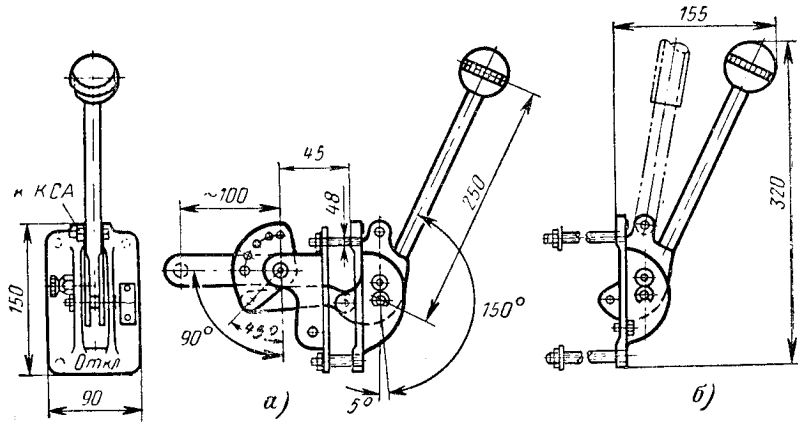


Рис. 28-52. Привод ручной рычажный типа ПР-2.

а — вариант I для присоединения тяги сзади; б — вариант II для присоединения тяги спереди.

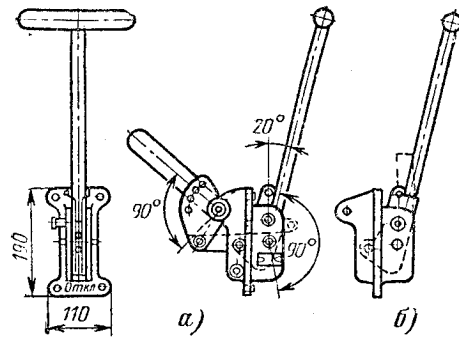


Рис. 28-53. Привод ручной рычажный типа ПР-3.

а — вариант I для присоединения тяги сзади; б — вариант II для присоединения тяги спереди.

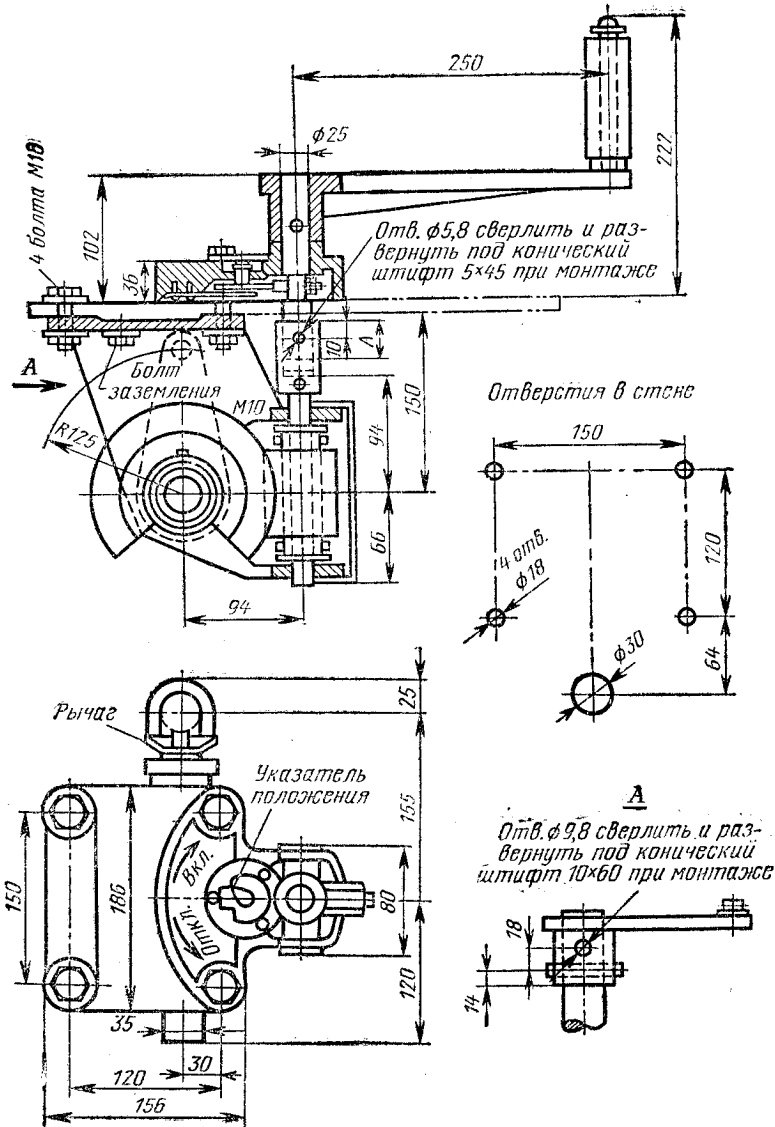


Рис 28-34. Привод червячный ПЧ (размер А 5—25 мм для ПЧ-50/15; 45—65 мм для ПЧ-50/55; 90—100 мм для ПЧ-50/100; 130—150 мм для ПЧ-50/140).

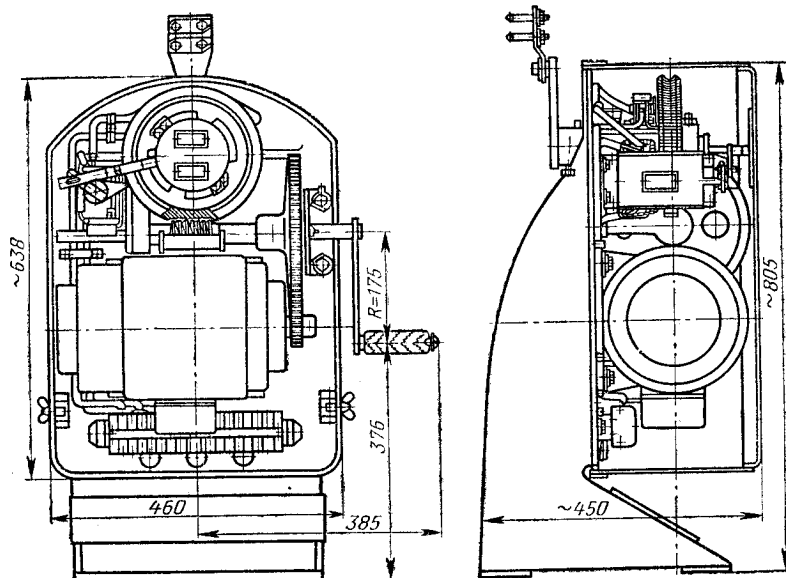


Рис. 28-55. Привод электродвигательный МРВ.

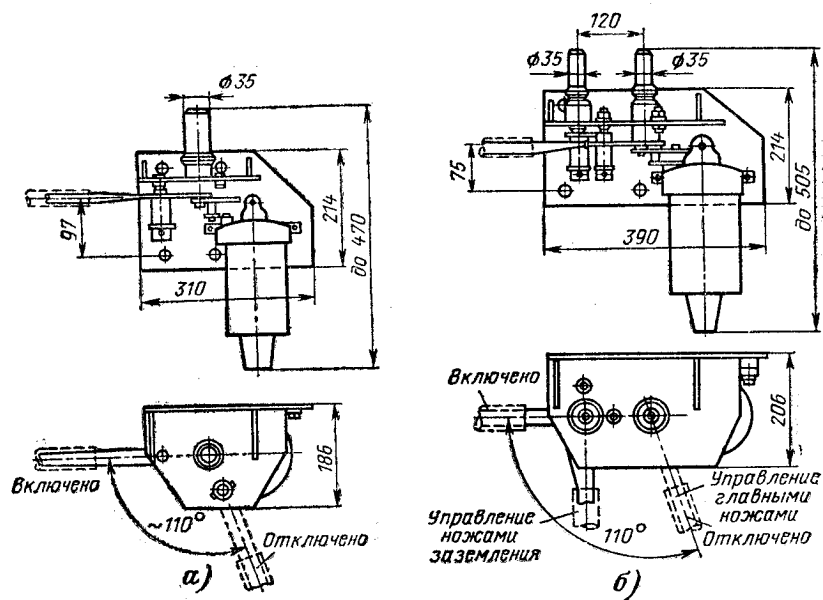


Рис. 28-56. Приводы.

а — ПРН-110; б — ПРН-35.

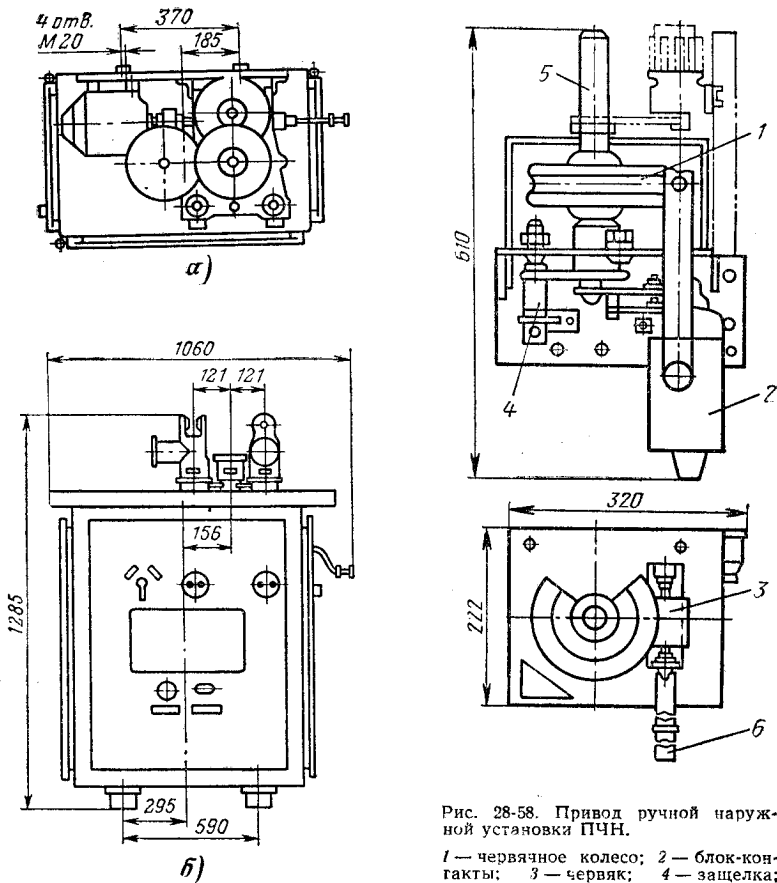


Рис. 28-57. Приводы электродвигательные наружной установки.

а — ПДН-220; б — ПДН-1.

Рис. 28-58. Привод ручной наружной установки ПЧН.

1 — червячное колесо; 2 — блок-контакты; 3 — червяк; 4 — защелка; 5 — вал привода; 6 — рукоятка.

### 28-3. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

Выключатели нагрузки ВН-16, ВН-11, ВНП-3, ВНП-16, ВНП-17 трехполюсные, предназначены для отключения электрических цепей до 400 А и батарей конденсаторов мощностью до 400 кВ·А.

Выключатели типа ВНП снабжены предохранителями ПК для отключения токов короткого замыкания.

Управление выключателями нагрузки производится ручным приводом ПР-17, дистанционно — приводами ПРА-17, ПС-11С.

На рис. 28-62 дана схема устройства для автоматического отключения выключателя нагрузки при сгорании предохранителя нагрузки при сгорании предохранителя. Схема соответствует включенному состоянию выключателя ВНП-17, после перегорания плавкой вставки предохранителя 15 указатель его срабатывания 16 ударяет по

флажку 1, который, поворачиваясь с рычажком 2, посредством тяги 3 поворачивает рычаг 4. Этот рычаг, упираясь в упор 17, поворачивает валик 5 вместе с собачкой 6, что позволяет рычагу 7 с поворотным контактом 9 повернуться под действием пружины 11 на угол 90° и замкнуть через неподвижные контакты 10 цепь отключающей катушки ВНП-17.

При отключении выключателя его вал 14 поворачивается по часовой стрелке на угол около 73°, а укрепленный на нем ведущий палец 13 поворачивает посредством тяги 12 заводной рычаг 8. Последний, упираясь в упор 18, возвращает рычаг 7 вместе с поворотным контактом 9 в исходное положение, заводя при этом пружину 11. После смены предохранителя при очередном включении выключателя заводной рычаг 8 снова отводится влево.

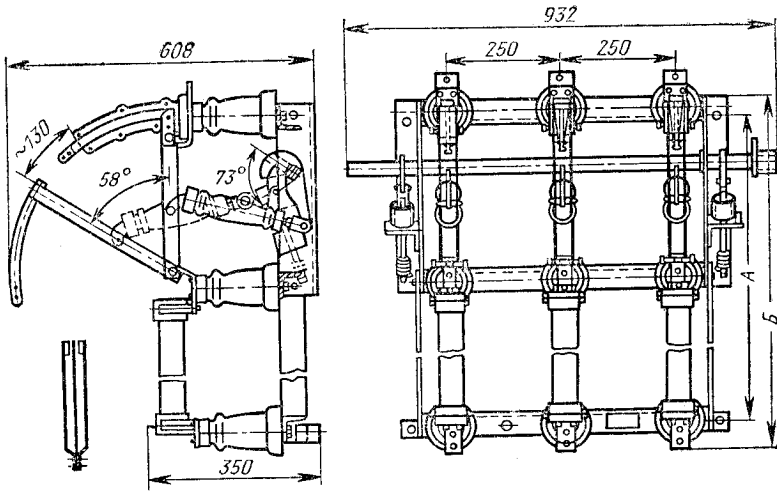


Рис. 28-59. Выключатель нагрузки ВП-16, ВП-17.

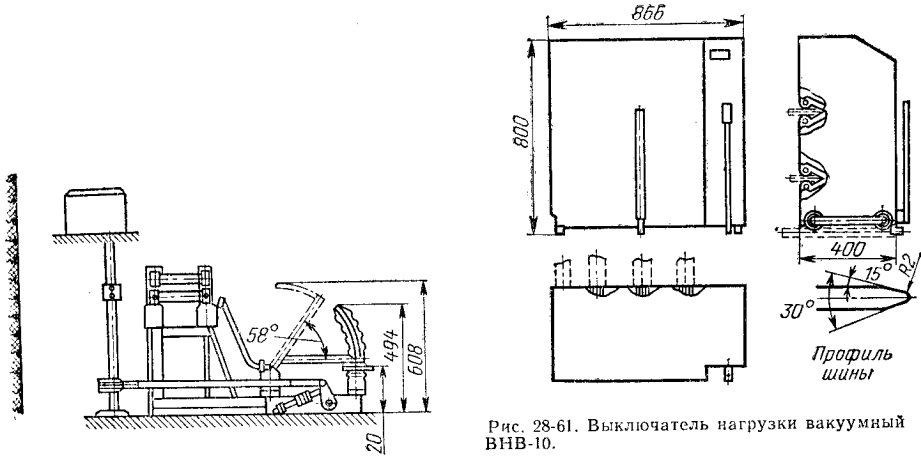


Рис. 28-61. Выключатель нагрузки вакуумный ВВ-10.

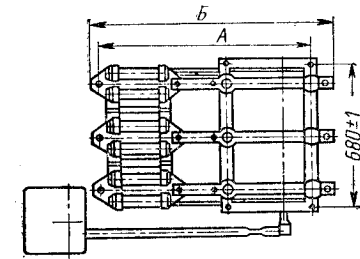


Рис. 28-60. Выключатель нагрузки ВП-3.

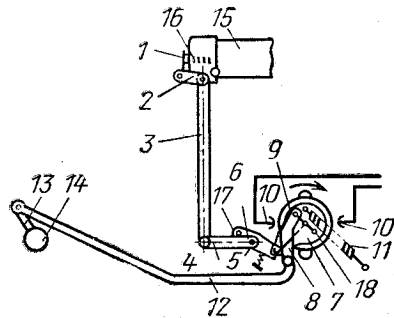


Рис. 28-62. Устройство для автоматического отключения выключателя нагрузки при сгорании предохранителя.



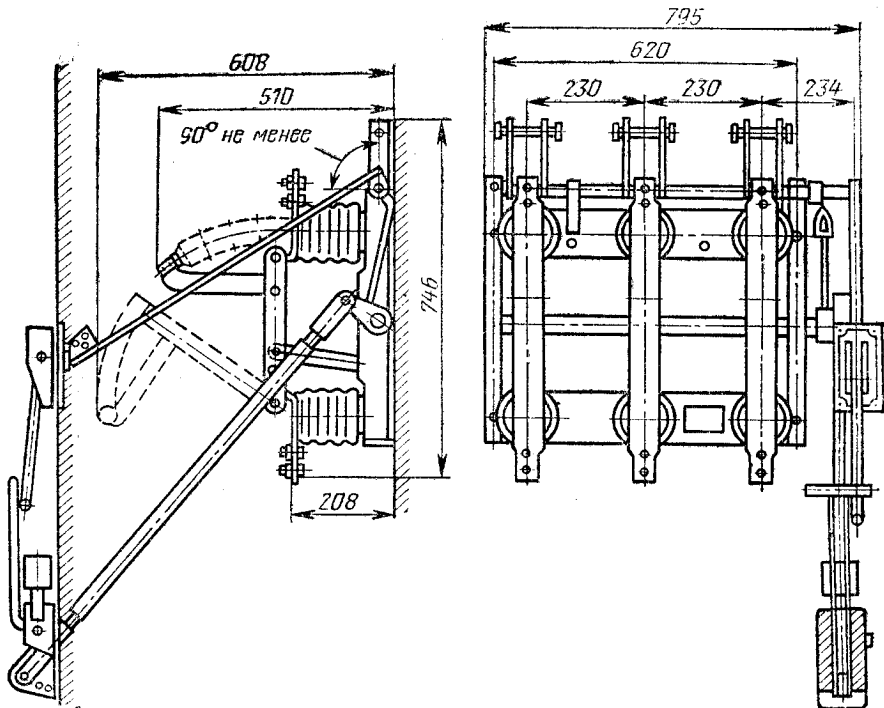


Рис. 28-63. Выключатель нагрузки ВН-11.  
Технические данные выключателей нагрузки типа ВН

Таблица 28-16

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток отключения, А	Наибольший ток отключения, А	Устойчивость при сквозных токах к. з.			Ток выключения (расчетное значение тока к. з.), кА
				Предельный сквозной ток, кА		Десятисекундный ток термической устойчивости, кА	
				Ударный ток	Действительное значение полного тока		
ВН-16	6	400	800	25	14,5	6	5
ВН-11	10	200	400				

Примечание. Масса ВН-16 36 кг, цена 45 руб. Масса ВН-11 70 кг.

Таблица 28-17

Технические данные выключателей ВНП-16, ВНП-17, ВНП<sub>з</sub>-16, ВНП<sub>з</sub>-17, ВНП-10

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Тип предохранителя	Номинальный рабочий ток, А	Предельный ток отключения, кА (действующий)	Предельный ток отключения (ток ограничения), кА (макс.)	Мощность отключения (трехфазная)		Ток включения (расчетное значение тока к. з.), А	Размеры, мм (рис. 28-59, 28-60, 28-62)	
						без учета апертурной составляющей тока к. з., тыс. кВ·А	с учетом апертурной составляющей тока к. з., тыс. кВ·А		А	Б
ВНП-16	6	ПК-6/30	30	20	6,7	200	300	20	703	870
ВНП-17	6	ПК-6/75	75	20	14,0	200	300	20	758	925
ВНП <sub>з</sub> -16	10	ПК-6/150	150	20	30	200	300	20	758	925
ВНП <sub>з</sub> -17	10	ПК-10/30	30	12	5,8	200	300	9	803	970
		ПК-10/50	50	12	8,6	200	300	9	858	1 020
		ПК-10/100	100	12	16,5	200	300	6,5	858	1 020
ВНП-3	3	ПК-3/30	30	40	6,5	235	300	—	843	1 035
		ПК-3/100	100	40	24,5	235	350	20	893	1 086
		ПК-3/200	200	40	35	235	350	20	893	1 086
		ПК-3/400	400	40	50	235	350	20	893	1 086
ВВН-10	10	—	320	—	—	—	—	12	—	—

Обозначения: В — выключатель; Н — нагрузка; П — предохранитель; В — вакуумный; индекс з — с заземляющими ножами; цифры: 16 —

без устройства для подачи команды на отключающий электромагнит; 17 — с устройством для команды на отключающий электромагнит.

## 28-4. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Предохранители внутренней установки выпускаются с кварцевым заполнением — ПК, ПКЭ, ПКУ, ПКН, ПКТУ.

Шкала номинальных токов плавки вставок предохранителей содержит токи 2; 3; 5; 7; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 400 А. Предохранители соответствуют ГОСТ 2213-59.

Для наружной установки выпускаются стреляющие предохранители типа ПСН, срабатывание которых сопровождается выстрелом и выбрасыванием снопа пламени на расстояние 2 м с выделением газов, содержащих хлор.

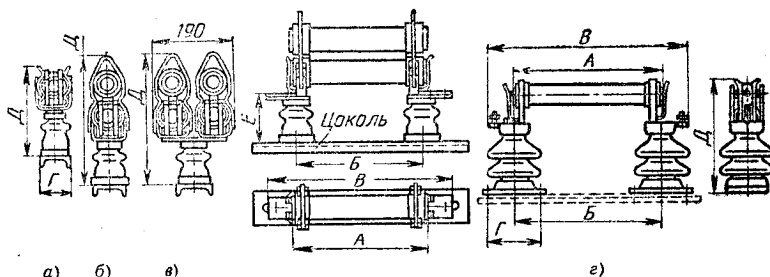


Рис. 28-64. Предохранители ПК, ПКТ, ПКТУ.

Таблица 28-18

## Технические данные силовых предохранителей ПК, ПКН и ПКЭ

Номинальное напряжение, кВ	3					6					10					35		
Номинальный ток патрона, А	7,5	30	100	200	400	7,5	30	75	150	300	7,5	30	50	100	200	10	20	40
Номинальный ток отключения, кА	40					20					12					3,5		
Наименьший отключаемый ток в долях номинального	Не ограничивается		1,3			Не ограничивается		1,3			Не ограничивается		1,3			Не ограничивается		3
Наибольшая отключаемая мощность (трехфазная), кВ·А	200 000					200 000					200 000					200 000		
Наибольший пик тока при отключении предельного тока к. з., кА	6,5	24,5	35	50		6,7	14	25	35		5,5	8,6	15,5	24		1,8	2,8	4,2

Таблица 28-19

## Технические данные предохранителей ПКУ

Номинальное напряжение, кВ	6					10					20					35		
Номинальный ток патрона, А	8	20	50	100	300	8	20	40	75	150	15	30	50	8	20	40		
Наибольшая отключаемая мощность (трехфазная), кВ·А	350 000					350 000					500 000					500 000		
Номинальный ток отключения, кА	34					20					14,5					8,25		
Наибольший пик тока при отключении предельного тока к. з., кА	6	6	14	25	35	5,5	5,5	8,6	15,5	24	4	6	9,5	2	4	5,2		

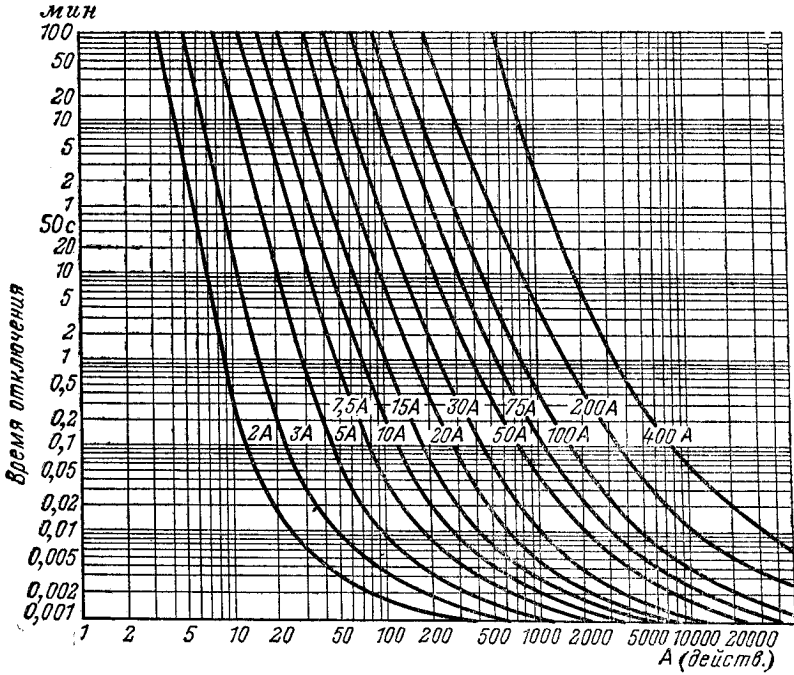


Рис. 28-65. Зависимость времени отключения предохранителя типа ПК от тока к. з.

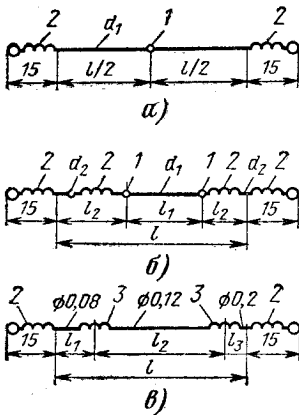


Рис. 28-66. Плавкие вставки предохранителей.  
 а — ПК на ток 2—7,5 А; б — ПК на ток 10—400 А; в — ПКТ; 1 — напаянный шарик; 2 — место скрутки; 3 — место спая.

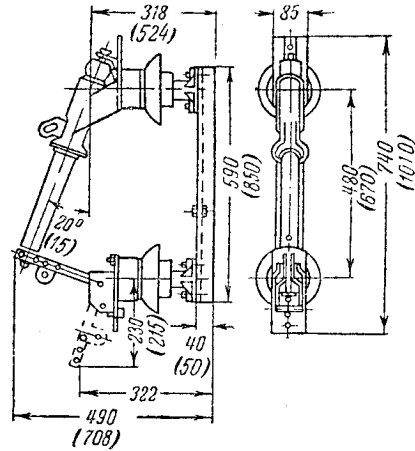


Рис. 28-67. Стреляющий предохранитель наружной установки типа ПСН-10 (в скобках размеры для ПСН-35).

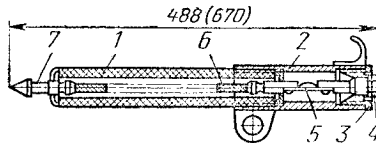


Рис. 28-68. Патрон предохранителя ПСН (в скобках размер ПСН-35).  
 1 — дугогасящая труба; 2 — металлическая головка; 3 — пробка; 4 — контактный болт; 5 — плавкий элемент; 6 — гибкий проводник; 7 — контактный наконечник.

Таблица 28-20

## Технические данные предохранителей ПКТ, ПКТУ, ПКТН, ПКТЭ

Номинальное напряжение, кВ	3		6		10		15		20		35	
	Наибольшая отключаемая мощность (трехфазная), МВ·А	Не ограничивается				1 000		Не ограничивается		1 000		1 000
Наибольший отключаемый ток к. з., кА	Не ограничивается				50		Не ограничивается		30		17	
Наибольший лик тока при отключении наибольшего тока к. з., А	160	50	300	100	100	500	350	200	850	500	700	500
Активное сопротивление патрона, Ом	45								100		144	

Таблица 28-21

## Размеры предохранителей типов ПК, ПКТ, ПКТУ

Тип	Размеры, мм						Масса, кг	Цена, руб.—коп.	Рис. 28-64
	А	Б	В	Г	Д	Е			
ПК-3/2-7,5	—	—	—	—	—	—	2,93	2—25	а
ПК-3/10-30	210	185	321	77	183	100	2,91	2—20	а
ПК-3/40-100	260	230	366	77	213	100	4,51	3—40	а
ПК-3/150-200	260	230	366	77	290	100	6,38	5—40	б
ПК-3/300-400	260	247	395	77	290	100	11,23	10—90	в
ПК-6/2-7,5	—	—	—	—	—	—	3,26	2—75	а
ПК-6/10-30	310	285	421	77	183	100	3,70	2—40	а
ПК-6/75	360	330	466	77	213	100	5,11	3—50	а
ПК-6/150	360	330	466	77	290	100	7,57	5—55	б
ПК-6/300	360	347	495	77	290	100	13,61	11—75	в
ПК-10/2-7,5	—	—	—	—	—	—	4,13	2—65	а
ПК-10/10-30	410	385	521	82	203	120	4,82	2—90	а
ПК-10/50	460	430	566	82	233	120	6,36	3—65	а
ПК-10/100	460	430	566	82	310	120	9,42	6—00	б
ПК-10/200	460	447	595	82	310	120	16,6	12—60	в
ПК-35/2-10	610	620	760	130	463	380	17,8	8—65	а
ПК-35/15-20	—	—	—	—	—	—	17,85	10—40	а
ПК-35/30-40	460	665	805	130	570	380	19,9	14—10	б
ПКУ-6/20	310	285	421	77	183	100	3,8	—	а
ПКУ-6/40-50	360	320	466	77	213	100	27,74	5—05	а
ПКУ-6/100	—	—	—	—	—	—	5,11	7—80	а
ПКУ-6/200	360	347	495	77	290	100	8,3	15—40	б
ПКУ-10/20	410	385	521	82	203	120	4,8	—	а
ПКУ-10/40	460	430	566	82	233	120	15,1	5—30	а
ПКУ-10/75	460	430	566	82	310	120	5,9	7—80	а
ПКУ-10/150	460	447	595	82	310	120	15,7	—	б
ПКУ-35/8	610	620	760	130	463	380	18,0	—	а
ПКУ-35/40	460	665	805	130	570	380	24,7	—	б
ПКЭ-6/2-10	310	285	421	77	205	100	3,85	2—95	а
ПКЭ-6/15-30	310	285	421	77	205	100	3,85	2—95	а
ПКЭ-6/40-75	—	—	—	—	—	—	3,6	4—20	а
ПКЭ-6/100-150	—	—	—	—	—	—	5,11	7—00	б
ПКЭ-10/10	410	385	521	82	225	120	4,86	3—35	а
ПКЭ-10/15-30	410	385	521	82	225	120	4,86	3—35	а
ПК-6Н/2-7,5	—	—	—	—	—	—	5,86	4—60	г
ПК-6Н/10-30	310	300	436	110	258	175	5,86	4—65	г
ПК-10Н/2-7,5	—	—	—	—	—	—	6,35	4—65	г
ПК-10Н/10-30	410	400	536	110	258	175	6,36	4—75	г
ПКТ-10	210	185	321	82	203	120	3,5	2—20	а
ПКТУ-10	210	185	321	82	203	120	3,5	2—70	а
ПКТЭ-10	—	—	—	—	—	—	3,5	2—90	—
ПКТ-20	410	420	560	130	378	295	13,0	6—00	а
ПКТУ-20	410	420	560	130	378	295	13,0	7—05	а
ПКТ-35	610	620	760	130	463	380	17,5	7—90	а
ПКТУ-35	610	620	760	130	463	380	17,5	8—80	а
ПКТ-10Н	—	—	—	—	—	—	5,14	4—50	—
ПКТ-35Н	—	—	—	—	—	—	33,4	26—00	—

Таблица 28-22

## Технические данные медных плавких вставок для предохранителей типа ПК

Ток плавкой вставки, А	3 кВ		6 кВ		10 кВ		35 кВ	
	$d_1/d_2$	$n$	$d_1/d_2$	$n$	$d_1/d_2$	$n$	$d_1/d_2$	$n$
2	0,1	1	0,1	1	0,1	1	0,1	1
3	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1
5	0,15	2	0,15	2	0,15	2	0,15	2
7,5	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2
10	0,25/0,3	2	0,25/0,3	2	0,25/0,3	2	0,25/0,3	2
15	0,25/0,3	3	0,25/0,3	3	0,25/0,3	3	0,25/0,3	3
20	0,25/0,3	4	0,25/0,3	4	0,25/0,3	4	0,25/0,3	4
30	0,3/0,35	4	0,3/0,35	4	0,3/0,35	4	0,25/0,3	6
	0,3/0,35		0,3/0,35					
40	0,3/0,35	6	0,3/0,35	6	0,3/0,35	6	0,25/0,3	8
50	0,3/0,35	8	0,3/0,35	8	0,3/0,35	8	—	—
75	0,49/0,55	6	0,35/0,4	10	0,3/0,35	12	—	—
100	0,49/0,55	8	0,35/0,4	14	0,3/0,35	16	—	—
150	0,49/0,55	12	0,35/0,4	20	0,3/0,35	24	—	—
200	0,49/0,55	16	0,35/0,4	28	0,3/0,35	32	—	—
300	0,49/0,55	24	0,35/0,4	40	—	—	—	—
400	0,49/0,55	32	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1.  $n$  — число токоведущих проволочек в патроне.

2. Материал плавких вставок предохраните-

лей ПК — проволока медная МТ-1, предохранителей ПКТ и ПКТУ — константан.

3. Не допускается применение проволоки с «барашками» или перегибами.

Таблица 28-23

## Размеры плавких вставок предохранителей ПК, ПКТ, ПКТУ

Тип	Напряжение, кВ	Размеры, мм				Тип	Напряжение, кВ	Размеры, мм			
		$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$			$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
ПК	3	370	200	85	—	ПКТ и ПКТУ	10	800	300	250	250
	6	580	330	120	—		20	1 800	700	600	500
	10	860	500	180	—		35	2 600	1 000	800	800
	35	2 700	1 400	650	—						

Таблица 28-24

## Предохранители ПК для защиты силовых трансформаторов

Номинальный ток, А		Номинальная трехфазная мощность, кВ·А трансформатора при напряжении, кВ					Номинальный ток, А		Номинальная трехфазная мощность, кВ·А трансформатора при напряжении, кВ				
трансформатора	предохранителя	2	3	6	10	35	трансформатора	предохранителя	2	3	6	10	35
		0,5	2	—	—	5			10	—	20	40	—
1	3	—	5	10	20	50	30	50	100	—	320	560	—
1,9	5	5	10	20	30	100	54	75	180	240	560	750	—
3	7,5	10	—	30	50	180	70	100	—	320	750	1 000	—
5	10	—	20	50	75	—	100	150	320	560	1 000	1 500	—
8	15	20	30	75	100	320	145	200	560	750	1 500	2 500	—
10	20	—	50	100	180	560	210	300	750	1 000	2 000	—	—
14,5	30	50	75	135	240	—	300	400	1 000	1 500	—	—	—

Таблица 28-25

## Характеристики предохранителей типа ПР-35\*

Тип	Номинальный ток, А	Плавкая вставка		Масса, кг	Цена, руб.—коп.
		материал	диаметр, мм		
ПР-35-2	2	Сталь	0,25	76	15—50
ПР-35-3	3	Сталь	0,35		
ПР-35-5	5	Медь ММ	0,17		
ПР-35-7,5	7,5	Медь М1	0,25		
ПР-35-ТН	—	Константан	0,07		

\* Предохранители типа ПР промышленностью СССР не выпускаются.

Примечания: 1. Предельный ток отключения 60 А.

2. Токоограничивающее сопротивление СДН-35 включается последовательно с предохранителем ПР-35-ТН в цепи трансформатора напряжения. Сопротивление 396 Ом, масса 84 кг, цена 25 руб.

Таблица 28-26

## Технические данные предохранителей для наружной установки типа ПСН

Технические данные	Тип предохранителя			
	ПСН-10	ПСН-35	ПСН-110	ПСН-220
Номинальное напряжение, кВ	10	35	110	220
Номинальный ток, А	100	100	50	50
Наибольший ток отключения (действующее значение), А	11 500	8 250	4 000	—
Наибольшая отключаемая мощность (трехфазная), МВ·А	200	500	750	1 500
Масса одного полюса предохранителя с цоколем и патроном, кг	23	69	250	412
Масса патрона, кг	2,4	3	—	—
Цена, руб.	24	40	138	245

Таблица 28-27

## Размеры предохранителей наружной установки

Тип	Размеры, мм						№ рисунка
	А	Б	В	Г	Д	Е	
ПСН-10	490	480	590	645	245	20	—
ПСН-35	708	670	850	1 040	455	15	—
ПСН-110	1 770	—	1 480	1 755	1 278	—	28-68
ПСН-220	—	—	—	—	—	—	—

## 28-5. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПРИВОДЫ К НИМ

## а) Выключатели

*Масляные выключатели.* Выключатели ВМЭ (выключатели многообъемные, экскаваторные) (рис. 28-69). Дугогасительным

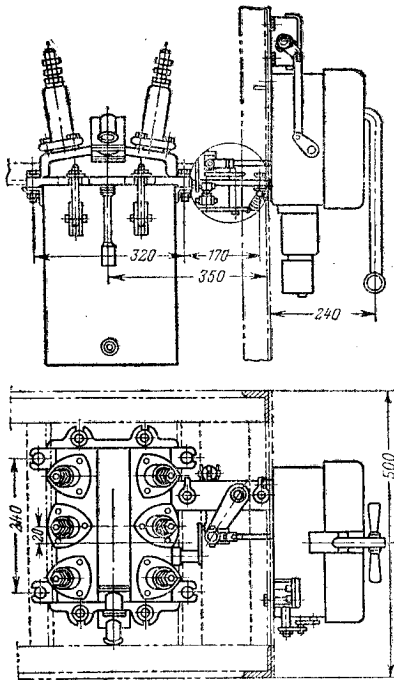


Рис. 28-69. Выключатель ВМЭ-6 с приводом ПРБА.

приспособлением являются фибровые втулки с отверстиями. Выключатель управляется ручным приводом типа ПМ или ПРБА.

Выключатель ВМГ-133 (выключатель масляный, малообъемный, горшковый) предназначен для внутренней установки; изготовляется в основном для электростанций и подстанций промышленных предприятий. ВМГ-133 комплектуется с приводами ПРБА и ПС-10. Выключатель имеет дугогасительную камеру продольно-поперечного дутья. Подвижный контакт — стержневой, неподвижный — розеточного типа. Наличие малого объема масла в выключателе ВМГ-133

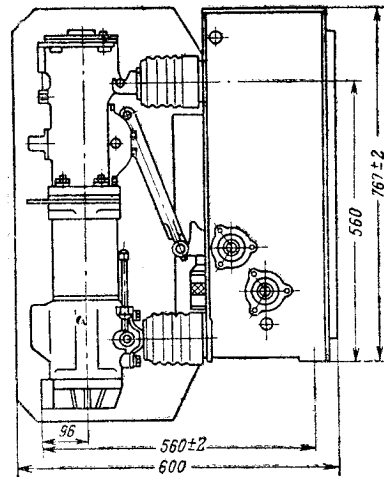


Рис. 28-70. Выключатель ВМП-10П.

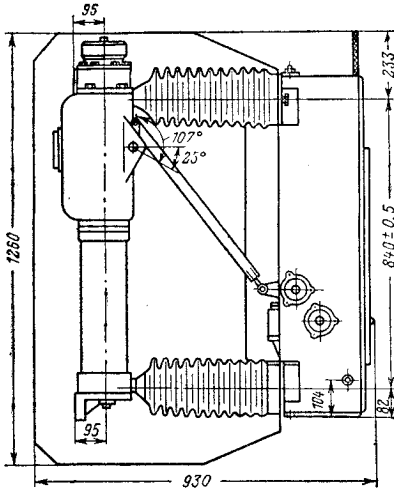


Рис. 28-71. Выключатель ВМП-35П.

даёт возможность установки его без взрывных камер.

Выключатель ВМГ-10 разработан взамен выключателя ВМГ-133 с применением отдельных узлов от выключателя ВМП-10, а именно: съёмного дна с неподвижными контактами. Применены изоляционные рычаги вместо фарфоровых тяг.

Выключатели ВМП (выключатель масляный подвесной) выпускаются на напряжение до 35 кВ включительно в двух исполнениях для стационарных распределительных устройств (КСО) и комплектных распределительных устройств (КРУ). Выключатель малообъёмный, с дугогасительной камерой продольно-поперечного автодуктя. Изоляция между нижним токоведущим фланцем, на котором установлен неподвижный розеточный контакт, и верхним токоведущим фланцем осуществляется с помощью цилиндра из стеклооксидного волокна. Подвижный контакт — стержневой. Наконечники стержня и ламели розеточного контакта облиты дугостойкой металлокерамикой. Токосъём — со стержня подвижного контакта. Места контактирования подвижного и неподвижного контактов покрываются серебром (рис. 28-70 и 28-71).

Выключатели МГГ и МГ (выключатель масляный горшковый) (рис. 28-72 и 28-73).

Выключатель малообъёмный, на большие номинальные токи, имеет два разрыва на фазу и два параллельных токоведущих контура: главный и дугогасительный. При включенном положении выключателя оба контура работают параллельно. При этом преобладающая часть тока проходит через главный контур, имеющий значительно меньшее сопротивление, чем дугогасительный контур. При отключении выключателя контакты главного контура размыкаются раньше контактов дугогасительного.

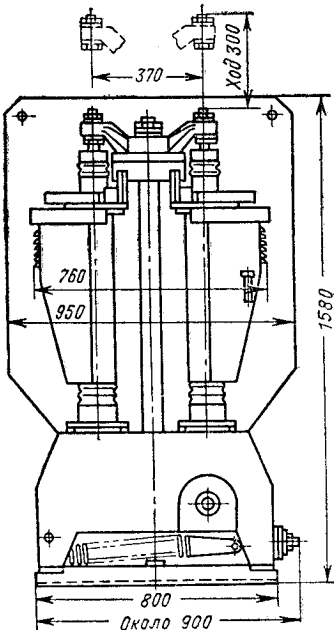
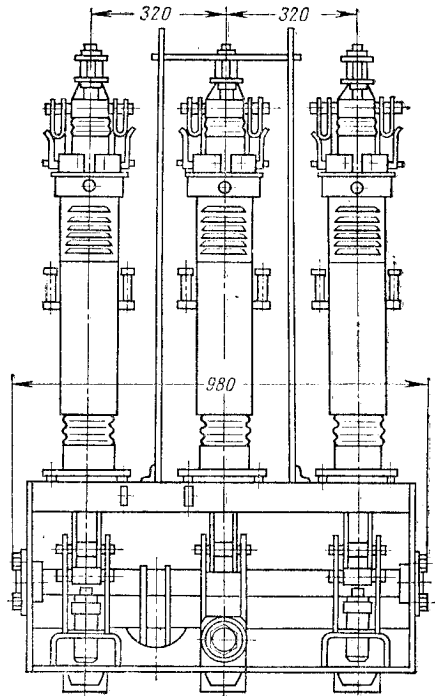


Рис. 28-72. Выключатель МГГ-10-750.



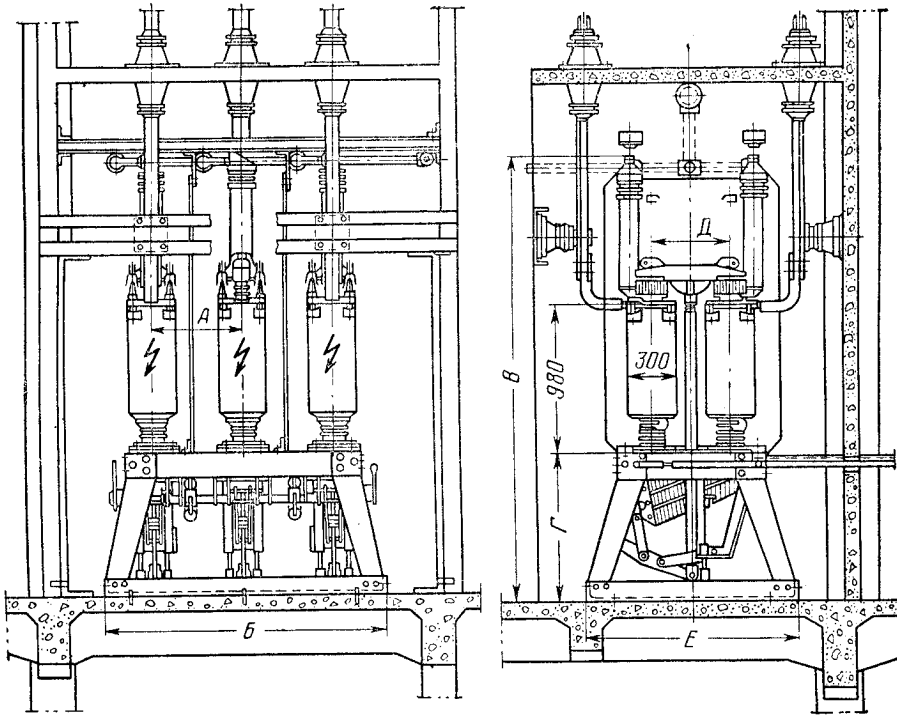


Рис. 28-73. Выключатель МГ.

Подвижные контакты главного и дугогасительного контуров каждого полюса выключателя смонтированы на общей траверсе. Неподвижные контакты главного контура смонтированы на крышках баков, а неподвижные контакты дугогасительного контура (розеточные контакты) внутри этих баков.

Полюсы выключателя устанавливаются на общей раме, внутри которой укреплен блок отключающих пружин и пружинные и масляные буферы. Дугогасительным устройством является камера встречно-поперечного автодутья. Номинальный ток выключателей МГ-10 и МГ-20 может быть по-

вышен соответственно до 9 000 и 9 500 А применением принудительного охлаждения токоведущих частей.

Выключатель МГ-35 (рис. 28-74) состоит из трех вертикально расположенных полюсов, смонтированных на сварной раме, на которой также укреплен привод. Рама заключает в себе общий для полюсов приводной механизм, а также цилиндрические коробки для трансформаторов тока. К нижним частям цилиндрических коробок крепятся газоотводы. Каждый полюс выключателя состоит из конденсаторной втулки, внутри которой перемещается стержень. Средняя часть втулки закреплена на раме. Втулки вверх и вниз выступают за пределы и защищены фарфоровыми крышками. К нижним фланцам крепятся дугогасительные устройства, состоящие из гасительных камер встречно-поперечного дутья. Выключатели снабжены встроенными трансформаторами тока типа ТМГ-35 и ТМГД-35 по два трансформатора на полюс.

Выключатели ВМК (выключатель маломасляный колонковый) выпускаются на напряжение 35—220 кВ. Механизм и привод выключателя расположены у основания. Дугогасительные камеры прикреплены к верхнему токоведущему фланцу и устанавливаются в фарфоровой крышке, заполненной маслом. Контактные стержни проходят в дугогасительное устройство

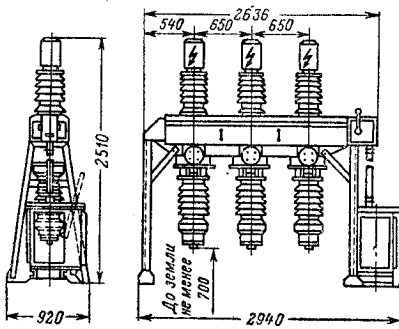


Рис. 28-74. Выключатель МГ-35.



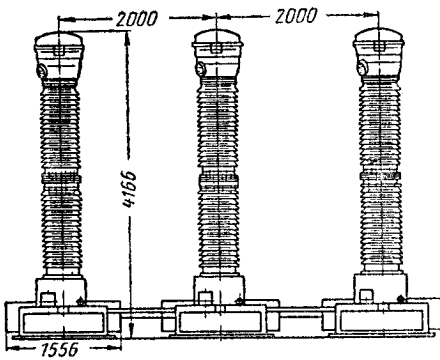


Рис. 28-75. Выключатель ВМК-110.

снизу вверх. Управление выключателями осуществляется встроенным пневматическим приводом.

Выключатели МКП, Урал (У) и С (многообъемные масляные выключатели). На напряжение 35 кВ выключатели выпускаются в виде трехполюсного аппарата, каждый полюс которого собран на отдель-

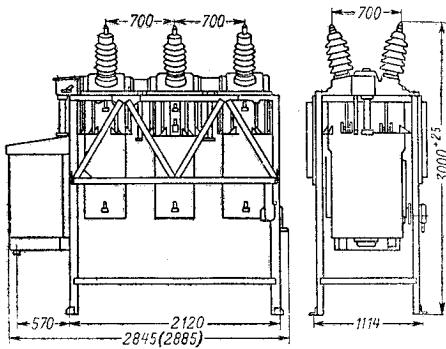


Рис. 28-76. Выключатель МКП-35 (в скобках размер для выключателя МКП-35-1500).

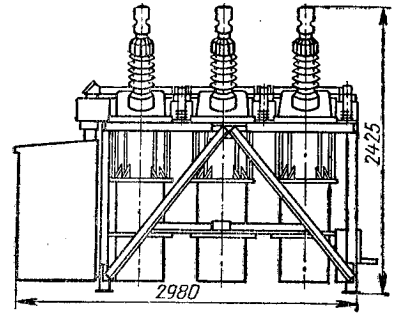


Рис. 28-77. Выключатель У-35-2500.

ной крышке и помещен в отдельный бак овальной формы. Все полюсы выключателя

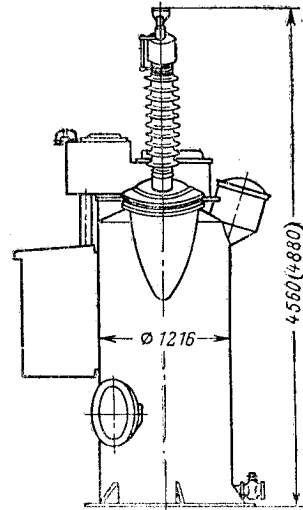


Рис. 28-78. Выключатель У-110-10 (в скобках размер для выключателя У-110-15).

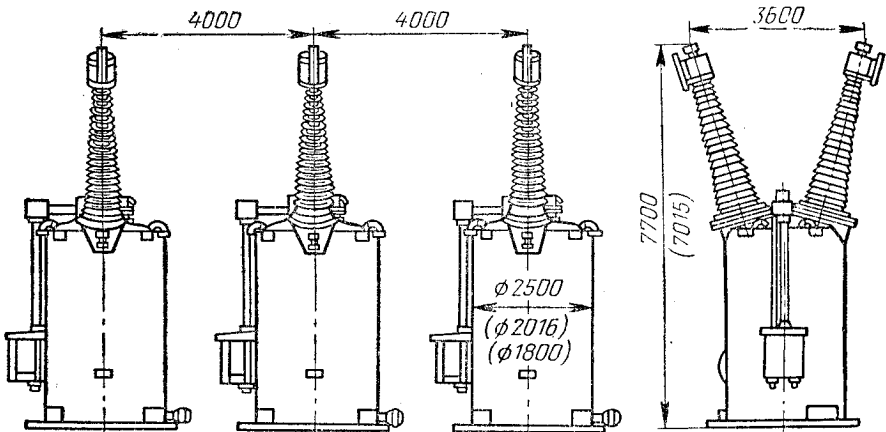


Рис. 28-79. Выключатель У-220-10 (в скобках больший размер для У-220-15, меньший для С-220-25).

механически соединены и управляются общим приводом.

Выключатель и привод смонтированы на общем сварном каркасе, к которому крепится барабан с тросом для подъема и опускания баков с маслом (рис. 28-77, 28-78, 28-79).

Выключатель имеет два разрыва на полюс.

Подвижные контакты в виде стержней устанавливаются на траверсе, связанной через изоляционную штангу с приводным механизмом в крышке выключателя.

Выключатели на 110 и 220 кВ выпускаются в виде отдельных полюсов (баков). Дугогасительное устройство выключателя представляет собой камеру многократных разрывов, шунтированных сопротивлениями.

Масло в многообъемных баковых выключателях служит как дугогасящей средой, так и изоляцией от заземленных частей и между разомкнутыми контактами. Все выключатели имеют встроенные трансформаторы тока от двух до четырех на каждой полюс.

**Воздушные выключатели.** ВВ-15 — генераторный воздушный выключатель. Три полюса выключателя установлены на общей тележке и управляются одновременно. Выключатель имеет главный токоведущий контур, расположенный на воздухе, и дугогасительный, расположенный в полости изоляторов. При отключении сначала замыкаются главные ножи и лишь после того, как нож отходит на некоторое расстояние от неподвижных контактов, происходит размыкание дугогасительных контактов и гашение дуги потоком сжатого воздуха поперек столба дуги.

ВВ-20 — генераторный воздушный выключатель. Дугогасящий контур этого выключателя состоит из двух последовательно соединенных дугогасящих камер, зашунтированных сопротивлениями, и отделителя. Последовательно с сопротивлением включена вспомогательная дугогасящая камера, предназначенная для отключения тока, протекающего по сопротивлениям после гашения дуги в дугогасящих камерах. В глушитель вспомогательной камеры встроен вспомогательный дуговой промежуток, пробиваемый при отключении малых индуктивных токов, при этом вспомогательная камера шунтируется сопротивлением.

ВВ-35 — одноразрывный воздушный выключатель с продольным воздушным дутьем без отделителя (рис. 28-80). Роль отделителя выполняет нижний подвижный контакт, перемещаемый сверху вниз через некоторое время после погасания дуги пневматическим приводом до фиксированного нижнего положения.

ВНН-110 — ВНН-330 и ВВ-330 — ВВ-500 — воздушные выключатели с закрытым (воздухонаполненным в отключенном положении) отделителем (рис. 28-81 и 28-83). Выключатели выполнены в виде отдельных полюсов. Управление выключателем может быть как полюсным, так и трехполюсным. Гасительные камеры выключателей состоят из нескольких одинаковых вертикально расположенных элементов. Каждый элемент содержит два полюса торцовых контактов, из которых один (подвижный) приводится в движение поршневым механизмом. Отделители выключателя, так же как и камеры, состоят из нескольких одинаковых вертикально расположенных элементов.

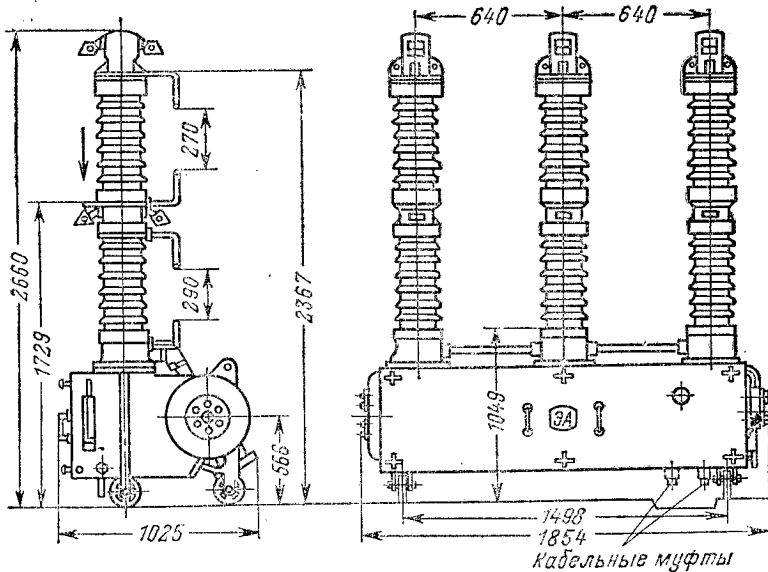


Рис. 28-80. Выключатели ВВН-35 и ВВ-35П.

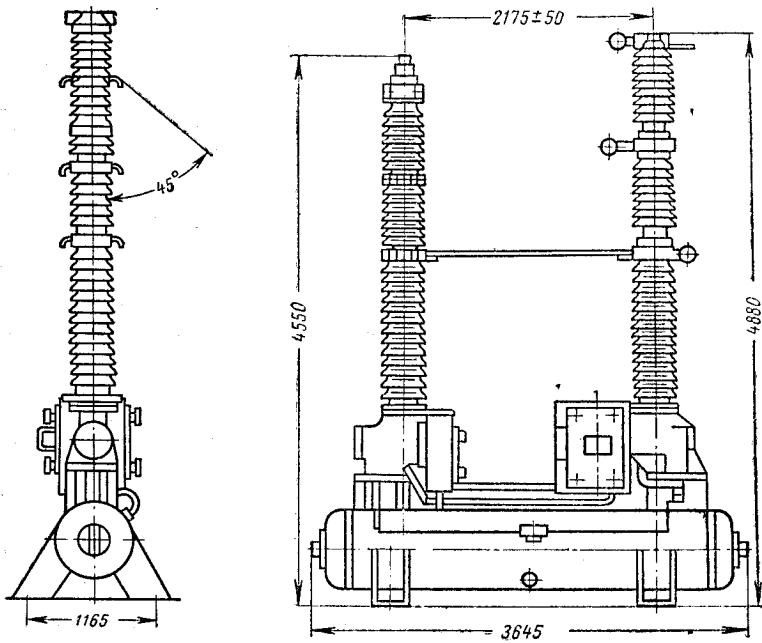


Рис. 28-81. Выключатель ВВН-110/2000-6000.

ВВБ-110—ВВ-750—воздушный выключатель с металлической двухразрывной дугогасительной камерой. Для выключателя

110 кВ одна камера расположена на опорном изоляторе, который в свою очередь укреплен на цоколе. В цоколе размещены

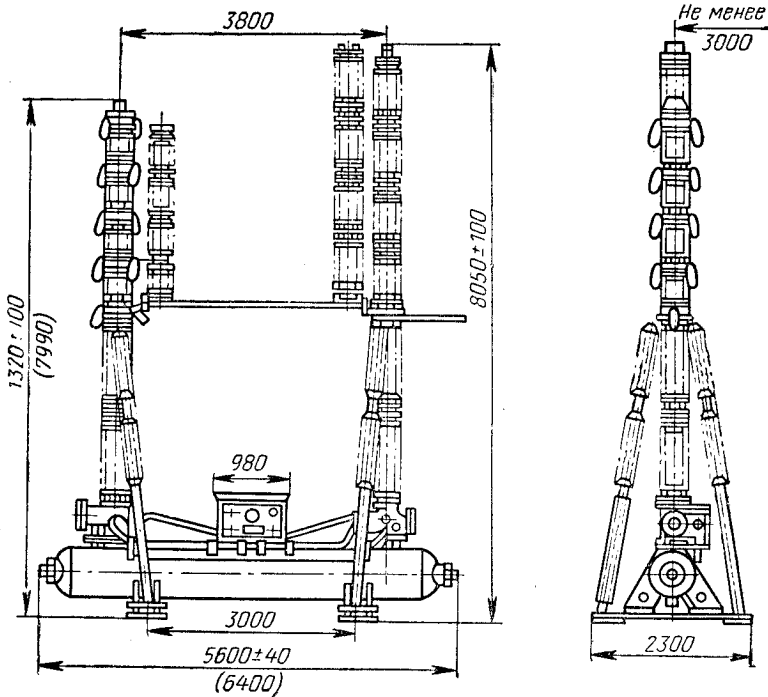


Рис. 28-82. Выключатель ВВН-220-10 (в скобках размер для ВВН-220-15).

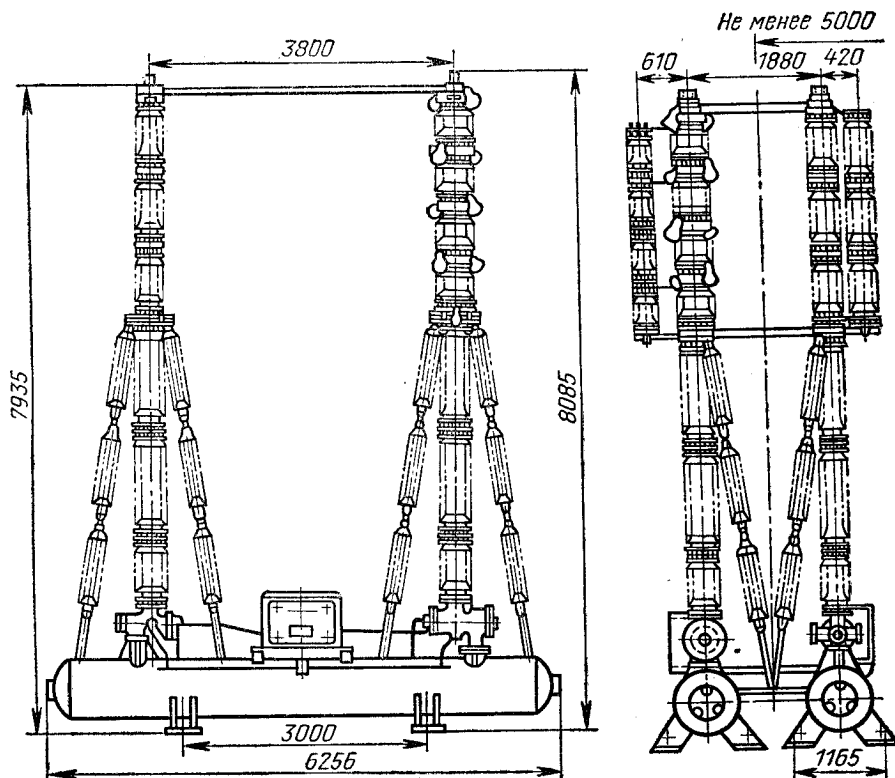


Рис. 28-83. Выключатель ВВН-330-15.

элементы электрического и пневматического управления, сигнально-блокировочные контакты с пневмоприводом, вспомогательный резервуар сжатого воздуха (для предотвращения падения давления в клапанах управления), сигнальные лампы, электроконтактный манометр, нагревательные элементы, клеммные сборки и муфты. Внутри дугогасительной камеры расположены главные и вспомогательные дугогасительные контакты и шунтирующие сопротивления. На дугогасительной камере установлены делительные конденсаторы. Напряжение вводится в камеру посредством двух горизонтально расположенных вводов, изготовленных из литой эпоксидной смолы. Наружные части вводов защищены от атмосферных воздействий фарфоровыми крышками.

Внутренние полости опорного изолятора и крышек вводов постоянно вентилируются сухим воздухом для предотвращения конденсации влаги. Внутри опорного изолятора расположены два воздухопровода, выполненных из высокопрочного стеклопластика. Один из них постоянно соединяет резервуар с магистралью сжатого воздуха, второй является управляющим.

Рисунок 28-84 даёт представление о развитии на основе базисного элемента се-

рии выключателей до напряжения 750 кВ. Автономность дугогасительных камер в части запаса воздуха и механических характеристик позволила расположить их, начиная с напряжения 220 кВ, попарно на одном опорном изоляторе, что существенно уменьшило габариты аппаратов. Опорные изоляторы, начиная с 330 кВ, представляют собой пирамидальные треноги и обладают большой механической прочностью. Это позволяет допустить на выключателях повышенные усилия от тяжести проводов при максимальных ветровых нагрузках.

Применение для выключателей на 220 кВ и выше подвесных шкафов управления позволило унифицировать их для всей серии.

Распределение напряжения по разомкнутым дугогасительным разрывам выключателей осуществляется в момент отключения при помощи линейных шунтирующих сопротивлений, а в отключенном положении — делительных конденсаторов с соответственно подобранными емкостями.

Выключатели на напряжение до 220 кВ соответствуют ГОСТ 687-67.

Параметры электромагнитных выключателей (рис. 28-85) на номинальные напряжения 6 и 20 кВ приведены в табл. 28-28.

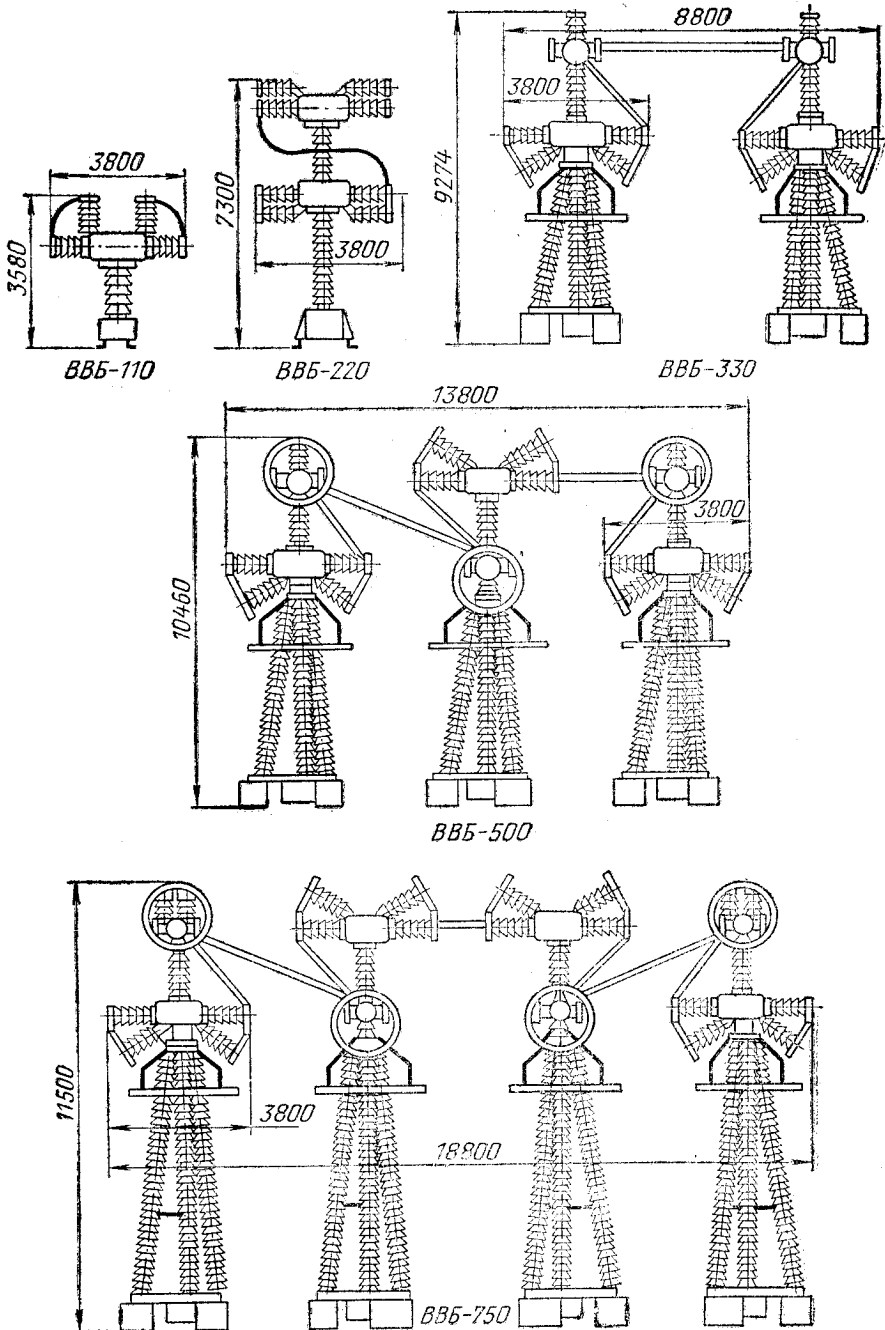


Рис. 28-84. Серия выключателей ВВБ.

### б) Приводы к выключателям

*Электромагнитные приводы.* Электромагнитные приводы являются приводами прямого действия — энергия для включения

непосредственно потребляется от источника большой мощности.

Особенности приводов. 1. Тяговая характеристика, развиваемая электромагнитом, соответствует характеристике

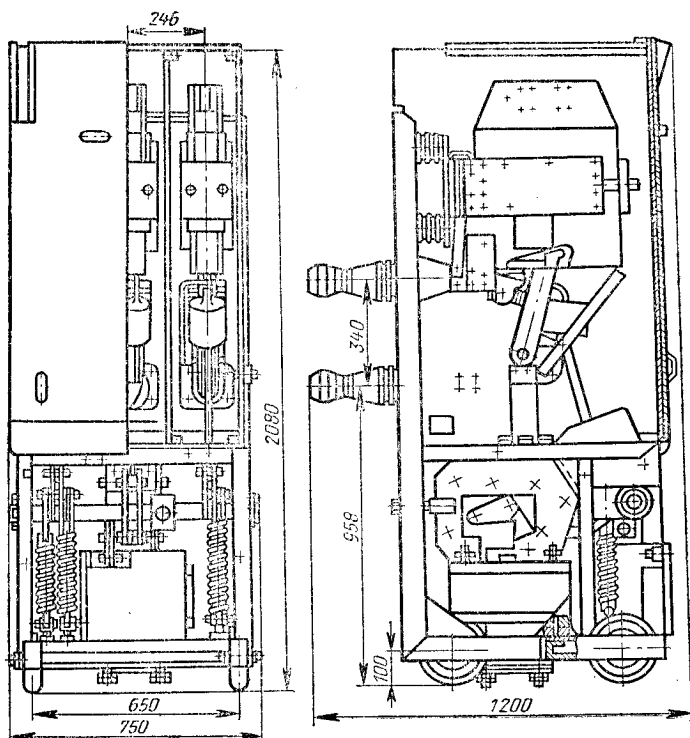


Рис. 28-85. Электромагнитный выключатель ВЭМ-6.

противодействующих сил масляного выключателя.

2. Приводы надёжно работают при суровых климатических условиях.

3. Требуют наличия мощного источника постоянного тока с малым внутренним сопротивлением; так, например, для одно-временного включения всех полюсов выключателя МКП-220 требуется аккумуляторная батарея, которая даёт ток 75 А при напряжении 220 В.

4. В связи с большими потребляемыми токами сечение кабелей, подводящих напряжение к выключающему электромагниту, получается значительным (выбирается из условия падения напряжения на кабеле, питающем привод).

5. Вследствие электромагнитных процессов, происходящих в природе, время включения получается значительным (в мощных приводах до 1 с).

Дальнейший рост отключаемых мощностей выключателей, сокращение времени цикла АПВ затрудняют применение этих типов приводов. Увеличение мощности приводов наталкивается на необходимость применения аккумуляторных батарей очень большой ёмкости и кабелей большого сечения для питания приводов. В связи с этим применение приводов этого типа рекомендуется для выключателей небольшой мощности.

**Пружинный привод.** В пружинном приводе энергия, необходимая для включения, запасается в мощной пружине, которая заводится либо от руки, либо с помощью двигателя малой мощности (менее 1 кВт).

Особенностью тяговой характеристики такого привода является уменьшение усилий, развиваемых им к концу хода включения вследствие уменьшения деформации основных пружин. Для уменьшения этого недостатка с пружиной через специальную муфту связывается маховик, который поглощает избыточную энергию включающих пружин в начале хода включения. Энергия, накопленная маховиком, отдаётся им механизму выключателя в конце хода, когда силы, противодействующие включению, значительно возрастают (сжимаются контактные, буферные пружины, отключающие пружины развивают наибольшие усилия). Пружинные приводы позволяют осуществлять цикл АПВ. В этом случае после операции включения необходимо завести включающую пружину. Примером исполнения являются приводы УГП, УПП и ППМ-10. Пружинные приводы нашли применение в малообъёмных выключателях до 110 кВ.

Преимуществом пружинного привода является отсутствие: мощного источника постоянного тока, резервуаров со сжатым газом, клапанов и пневматического хозяйства. Недостаток — возможность примене-

ния только для относительно небольших выключателей.

**Пневматический привод.** Энергия запасается в резервуар со сжатым воздухом, который приводит в движение поршень в цилиндре.

Наиболее удачной компоновкой является расположение на выключателе цилиндра и резервуара — это позволяет избежать потерь, связанных с движением воздуха по трубам. Компрессор приводится в действие двигателем мощностью менее 1 кВт. Расход воздуха на одну операцию включения невелик и позволяет проводить 5—6 операций без подкачки воздуха. В случае отсутствия напряжения на двигателе компрессора или выхода из строя двигателя привод может нормально функционировать без подкачки воздуха в течение 12—14 ч. Номинальное давление привода берется в зависимости от его мощности и колеблется от  $10^6$  до  $1,7 \times 10^5$  Па.

Особенность тяговой характеристики: усилие возрастает практически мгновенно и имеет наибольшую величину в начале хода. Это усилие слегка спадает к концу хода. Для измерения тяговой характеристики величина впускаемого отверстия может легко регулироваться путём механической связи регулирующего устройства с ходом поршня. В частности, сила, развиваемая приводом, может быть значительно увеличена к концу путём увеличения сечения питающего отверстия. Поршень привода действует на выключатель через механизм свободного расцепления. Возврат поршня в исходное положение осуществляется пружинами. Для устранения демпфирования нижняя полость цилиндра после включения сообщается с атмосферой. Особенности привода. 1. Применение сжатого воздуха даёт возможность создать привод с очень малым временем включения для самых мощных выключателей (время мгновенного АПВ выключателя 330 кВ, 25 000 МВ·А равно 0,25 с). За счёт простого изменения диаметра поршня сила, развиваемая приводом, может быть сделана весьма большой. Поршень имеет небольшой вес и не оказывает никакого влияния на временные характеристики выключателя.

2. Сила, развиваемая пневмоприводом, быстро нарастает и мало изменяется с ходом. Тяговая характеристика привода может легко изменяться путем применения регулируемого питающего отверстия.

3. Пневмопривод не изменяет своей характеристики при включениях.

4. Привод не требует мощного источника энергии, отпадает надобность в дорогостоящей аккумуляторной батарее, требующей сложного ухода.

5. Управление и питание осуществляются по проводам малого сечения.

6. Привод требует принятия особых мер для обеспечения нормальной работы при низких температурах (выбор соответствующего сечения трубопроводов, обеспечение

стока воды, предупреждение образования снега в трубах).

**Пневмогидравлический привод.** Аккумулирование энергии, необходимой для включения, осуществляется за счёт сжатия газа, находящегося под большим давлением. Для того чтобы устранить возможность утечки и растворения, газ заключен в эластичный баллон, который в свою очередь размещен в стальном сосуде. Обычно в пневмогидравлических приводах используется азот. Привод может быть широко применен и в малообъемных выключателях выше 110 кВ. В этом случае главный цилиндр, связанный с контактным механизмом, находится под высоким потенциалом. Уравнение осуществляется с помощью двух маслопроводов, связывающих главный цилиндр с остальной частью привода. Такая система позволяет значительно облегчить подвижную часть выключателя и, следовательно, уменьшить работу отключающих пружин. Весь механизм выключателя получается весьма компактным.

Особенности привода. 1. Высокое быстродействие — время включения около 0,25 с. Оно может быть сделано меньше, чем у пневматических приводов.

2. Энергии, накопленной в приводе, достаточно, чтобы осуществить шестикратное включение без подкачки масла.

3. Передача усилий осуществляется через практически несжимаемую среду.

4. Все поверхности трения обильно смазываются маслом и не подвергаются коррозии.

5. Привод позволяет легко осуществлять медленное ручное включение без применения специальных домкратов.

6. Для обеспечения нормальной работы привода при любой температуре необходимо использовать жидкости, вязкость которых не зависит от температуры.

**Приводы к выключателям переменного тока.** Приводы к выключателям переменного тока высокого напряжения в зависимости от вида энергии, используемой для осуществления операции включения выключателя, делятся на:

а) ручные приводы прямого действия ПРБА, ПРА, ПР;

б) электромагнитные приводы ПЭ, ШПЭ;

в) пружинные приводы ППМ-10, ПП-61;

г) пневматические приводы ПВ, ШПВ. Приводы соответствуют ГОСТ 688-67.

Приводы к выключателям имеют исполнения для внутренней и наружной установки. Приводы для наружной установки являются приводами внутренней установки, помещенными в специальные шкафы, предохраняющие от попадания пыли и влаги. К маркировке привода наружной установки добавляется буква Ш.

ПРБА — привод ручной, блинкерный, автоматический, может применяться при включающем усилии на рычаге не выше 300 Н и работе включения не более 200 Дж

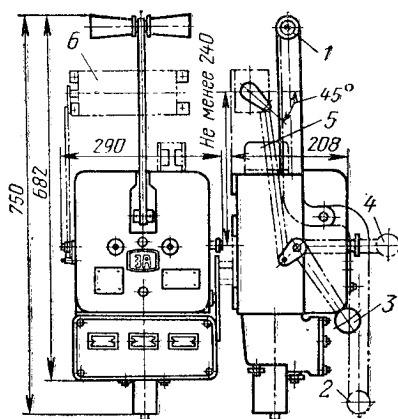


Рис. 28-86. Привод ПРБА.

1 — положение «включено»; 2 — положение «отключено»; 3 — положение бликера при отключенном выключателе; 4 — положение бликера при отключении защиты; 5 — контакты аварийной сигнализации; 6 — блок-контакты КСА.

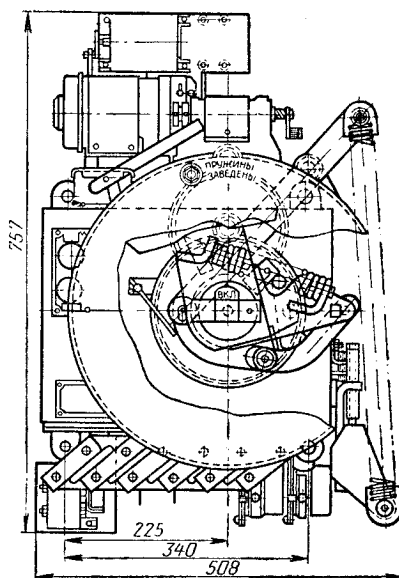


Рис. 28-88. Привод ПР-16.

с выключателями не выше 35 кВ в тех случаях, когда наибольшее значение токов короткого замыкания в месте установки не превышает 30 кА (рис. 28-86).

ПРА-12 и ПРА-17. Привод ручной, снабжен механизмом свободного расцепления, имеет электромагнит для дистанционного отключения. Привод предназначен для управления выключателем нагрузки ВН-16, ВНП-16, ВНП-17.

ПР-16 и ПР-17. Приводы ручные, рычажные, со свободным расцеплением, предназначаются для включения и отключения выключателей нагрузки ВН-16, ВНП-16 или ВНП-17 и заменяют приводы ПРА-12 и ПРА-17 в случаях, когда не требуется дистанционное отключение.

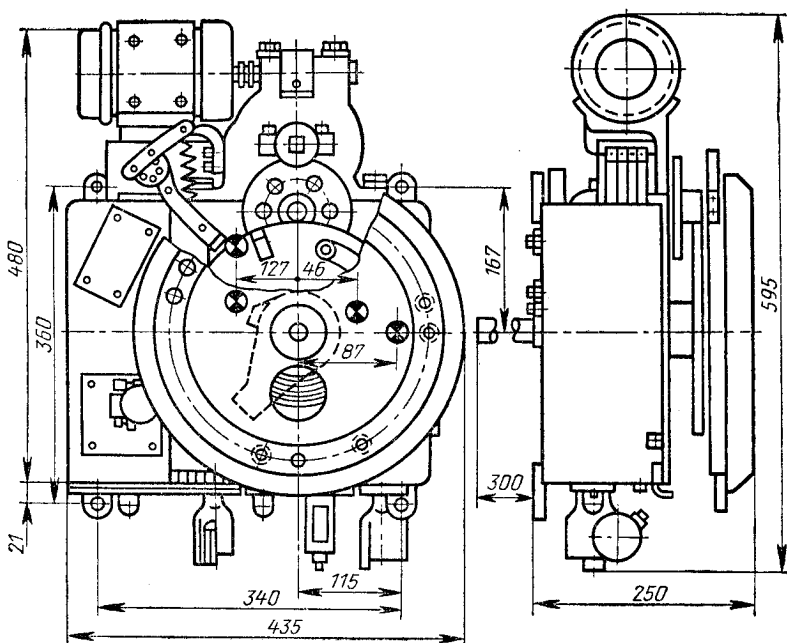


Рис. 28-87. Привод ППМ-10.



ППМ-10, ПП-61 — приводы пружинные с моторным заводом, могут быть установлены с выключателем, имеющим при включении максимальный статический момент на валу до 400 Дж и статическую работу включения не выше 200 Дж. Угол поворота вала привода 120—155°. Включение выключателя происходит благодаря энергии встроенной в маховик привода спиральной

со скоростью, не зависящей от скорости движения механизма привода, что обеспечивается специальными пружинами, которые заводятся в процессе включения привода и мгновенно освобождаются при расцеплении храповых механизмов тягами, связанными с валом привода.

ПЭ-21 — привод электромагнитный, имеет блокировку против «прыгания» и

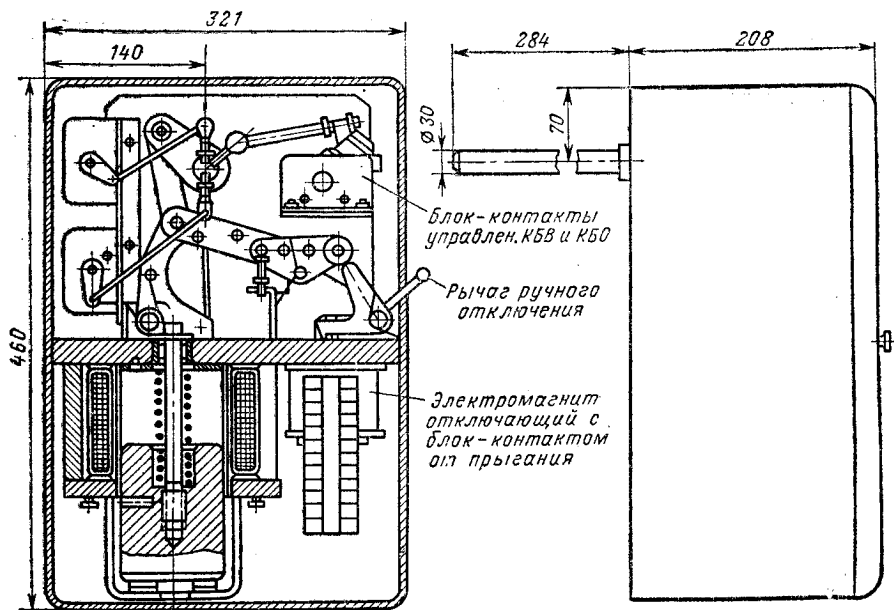


Рис. 28-89. Привод ПЭ-11,

пружины (ППМ-10) или цилиндрических пружин (ПП-61), которые автоматически заводятся электродвигателем через редуктор после каждого включения (рис. 28-87 и 28-88).

Для выключателя ВМГ-133 время отключения с этими приводами равно 0,2—0,3 с, время отключения 0,11—0,15 с. Масса привода ППМ-10 около 110 кг, ПП-61 — 88 кг, шкафа для ШПП-61 — 55 кг.

ПЭ-11 — привод электромагнитный, имеет блокировку против «прыгания» и снабжен быстродействующими блокировочными контактами: КВВ в цепи включения и КБО в цепи отключения (рис. 28-89). Размыкание блок-контактов КВВ и КБО происходит

снабжен быстродействующими блок-контактами КВВ и КБО (рис. 29-90). Горизонтально расположенный отключающий электромагнит препятствует самоотключению механизма привода при повышенном напряжении.

ШПЭ-44 (рис. 28-91) — привод электромагнитный наружной установки, имеет круто растущую силовую характеристику в конце хода включения. Привод содержит унифицированный механизм в виде отдельного блока и сменные электромагнитные блоки, устанавливаемые соответственно типу выключателя.

ПВ-30 — привод пневматический с механизмом привода ПС-30.

Таблица 28-27, а

Размеры выключателей МГГ и МГ-20 (рис. 28-72, 28-73)

Размеры, мм	МГГ-229 и МГГ-229М	ММГ-20	МГ-10	МГ-20	Размеры, мм	МГГ-229 и МГГ-229М	ММГ-20	МГ-10	МГ-20
А	600	700	600	700	Г	930	940	930	940
Б	1 840	2 000	1 840	2 040	Д	508	546	508	546
В	2 940	3 100	2 940	3 100	Е	1 234	1 500	1 234	1 234

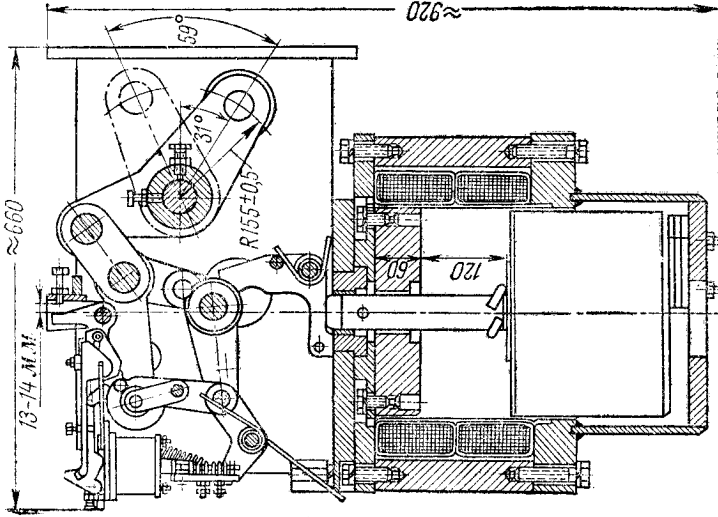


Рис. 28-91. Привод ШИЭ-44.

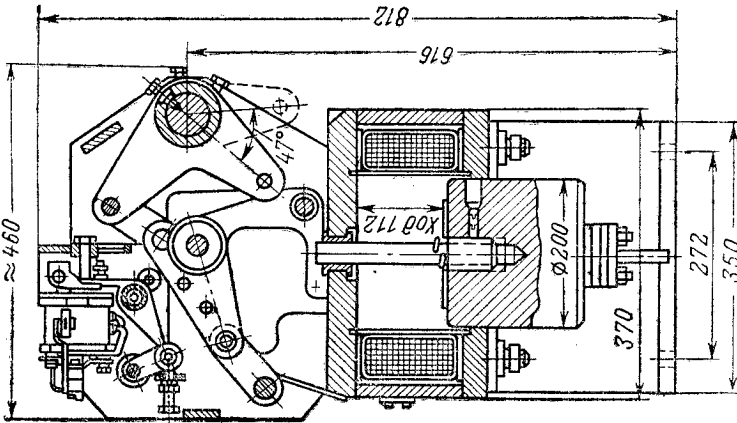


Рис. 28-90. Привод ПЭ-21.

Таблица 28-23

Технические данные выключателей переменного тока

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ударный ток, кА	Действующее значение полного тока, кА	Ток термической устойчивости, кА			Номинальный ток и мощность отключения, кА/МВ·А, при напряжении, кВ			Собственное время выключения с приводом, с		Масса, кг		Применяемый тип привода	Цена без привода, руб.
					1 с	5 с	10 с	3	6	10	включе- ния	отклоне- ния	без масла	масла		
ВМЭ-6-15	3-6	200	16,8	10	8,5	6,0	3,3/17	1,4/15	—	—	0,15	55	15	ПМ, ПРБА	72	
ВМЭ-3-50	3-6	200	12,4	7,2	4,8	3,4	4,8/25	4,8/50	—	—	0,17	58	18	ПМ, ПРБА	120	
ВМЭ-10-50	10	200	12,4	7,2	4,8	3,4	—	—	2,9/50	—	0,17	60	18	ПМ, ПРБА	—	
ВМБ-10*	6-10	400	25	15	10	10	9,7/50	9,7/100	5,8/100	—	0,25-0,3	125	50	ПП-67, ПЭ-11, ПРАМ-10, ППАМ-10	84	
ВМГ-10	10	1 000	52	30	20	14	20,0/100	20/200	20/350	—	0,2-0,3	145	4,5	ПП-67, ППАМ-10	290	
ВМГ-133М-П*	10	300	52	30	20	14	20,0/100	20/200	20/350	0,23	0,1	190	10	ПП-67, ППАМ-10	185	
ВМГ-133М-Ш*	10	1 000	52	30	20	14	20,0/100	20/200	20/300	0,23	0,1	200	10	ПП-67, ППАМ-10	220	
ВМН-10-30,15	10	30	15	8,7	5,8	—	—	—	—/150	—	—	150	20	—	500	
ВЭМ-10-10	10	1 000	52	20	20	14	11,5/200	—	—	—	0,2	650	—	Встресный пружинный	2 000	
ВМП-10П	10	600 1 000 1 500	52	30	20	—	—	19,3/200	20/350	—	0,2	243 248 253	4,8 4,8 4,8	Встресный	—	
ВММ-10	10	400	25	10	10	—	—	9,6/100	8,7/150	—	0,12	86	3,0	Встресный пружинный	—	
ВС-10	10	63	6,5	2,5	—	—	—	—	2,5/—	—	—	210	30	Пружинно-моторный или привод ручного управления	—	
ВС-10	10	32	2,1	0,8	—	—	—	—	0,8/—	—	—	200	32	Пружинно-моторный или привод ручного управления	—	

Выключатели масляные

МГГ-10-2000/500	10	2 000	75	43,5	43,5	30	21	29/50	29/300	29/500	—	—	580	20	ПЭ-2	525
МГГ-3000/500	10	3 000	75	43,5	43,5	30	21	29/50	—	29/500	—	—	600	20	ПЭ-2	600
МГГ-10/750	10	4 000	120	70	70	42	30	—	43,3/430	43,3/750	0,4	0,16	700	25	ПЭ-21	3 000
МГГ-229*	10	4 000	200	116	116	116	85	—	90/940	90/1 500	—	—	800	25	ПЭ-21	4 000
ММГ-229*	10	5 000	200	116	116	116	85	—	19/200	19/300	—	—	1 000	55	ПС-30	5 000
ВГ-10*	10	400	52	30	17	12	11	—	—	—	—	—	300	—	ППР-21	—
МГ-10	10	5 000	300	175	—	—	70	—	—	105/1 800	0,75	0,2	2 100	55	ПС-31	280
																2 100

При напряжении 20, 35 и 110 кВ

МГГ-20*	20	5 000	250	144	116	116	85	72/2 500	—	—	—	—	2 300	55	ПС-31	1 540
МГГ-30*	20	6 000	250	144	116	116	85	72/2 500	—	—	—	—	2 300	55	ПС-31	1 560
МГ-20	20	6 000	300	175	—	—	85	87/3 000	—	—	0,7	0,2	2 400	55	ПС-30	2 250
ВМ-35*	35	630	17,3	10	10	10	7,1	6,6/230	6,6/400	—	—	—	990	300	ШНР-35	948
ВМК-25А	27,5	1 000	45	26	24	16,5	11,7	15/430	15/430	—	0,1	0,05	350	40	ПП-35	1 000
ВМК-35П	35	1 000	27	12,3	15	13	9	—	8,25/500	—	0,2	0,1	405	13,5	Ветроушный пружинный	—
ВМД-35М*	35	600	17,3	10	10	10	7,1	6,6/230	6,6/400	—	—	—	1 025	300	ШПЭ-2, ШПС-10	1 670
МГ-35, П, В*	35	600	34	13,0	12	10	8	—	12,4/750	—	0,4	0,10—0,12	990	85	ШПС-20, ПС-20	1 000
ВМК-35А	85	1 000	45	26	24	16,5	11,7	16,5/1 000	—	—	0,11	0,0	560	100	ППМ-10 пневматический	1 500
ВМК-35Б	35	1 000	45	26	24	16,5	11,7	16,5/1 000	—	—	0,18	0,11	630	100	ПЭ-35	1 615
МКП-35*	35	600	30	17,3	17,3	12,5	9	12,5/430	12,5/750	—	—	—	2 600	800	ШПЭ-31Н	1 035
МКП-35-1500*	35	1 000	63	36	24,7	18	18	24,7/860	24,7/1500	—	—	—	2 680	800	ШПЭ-2	2 400
У-35-2500	35	2 000	105,2	60,8	60,8	41,2	29,2	—	41,3/2 500	—	0,4	0,03	3 000	900	ШПЭ-31	4 400
У-35Б-2500	35	2 000	—	—	—	—	—	—	41,2/2 500	—	—	—	3 090	900	ШПЭ-36	—
У-110-2000-50	110	1 000	135	50	—	50 с	—	—	—	50/11000	0,6	0,6	10 250	5 700	ШПЭ-46	12 870
У-110-2000	110	2 000	135	50	—	50 с	—	—	—	—	—	—	8 900	—	ШПВ-46П	—
МКП-110-3,5П	110	600	50	20	20	18,4	13	—	—	18,4/3 500	0,5—0,6	—	8 900	—	ШПЭ-33	6 500
МКП-110-3,5*	110	1 000	52	20	20	18,4	13	—	—	18,4/3 500	0,5—0,6	—	9 000	—	ШПЭ-33	6 900
У-110-2000Б-50	110	1 000	—	—	—	—	—	—	—	8000	—	—	10 250	5 700	ШПЭ-46	26 900
МГ-110*	110	600	40	30	30	20	14	—	—	8000	—	—	10 250	5 700	ШПВ-46П	26 900
ВМК-110	110	1 500	50	30	30	21,5	13	—	—	13,2/2 500	—	—	3 550	600	ШПС-30	2 530
ВМК-110В-2/5	110	2 000	70	27	30	21,5	13	—	—	18,5/3 500	0,18	0,0	3 900	600	3×ПП-35	6 500
										25/5 000	—	—	4 500	600	—	8 000

При напряжении 154, 220 и 500 кВ

ВМК-220В	220	2 000	70	27	48	26,3	18,6	—	—	—	0,8	0,05—0,03	38 000	46 000	ШПЭ-44	25 900
У-220-10	200	1 000	82	48	48	26,3	18,6	—	26,3/10 000	—	0,8	0,05—0,03	38 000	46 000	ШПЭ-44	25 900
С-220-25	250	3 200	115	—	—	—	—	—	—	—	—	0,05	27 000	16 200	—	—
МКП-500*	500	1 500	50	29	29	18,4	13,0	—	69,7/25 000	13,9/12 000	0,71—1,5	0,03	—	—	—	—

\* Снят с производства.

Примечание. Литература: 1. Каталог ВНИИЭМ. 2. Материалы ПК ГПИ Тяжремэлектрпрогрест.

ШПВ-45 — привод пневматический на-  
ружной установки с унифицированным ме-  
ханизмом привода серии ШПЭ-44.

Варианты исполнения ручных и пружинных приводов характеризуются типом и количеством присоединяемых к приводу защитных и отключающих элементов.

Таблица 28-29

## Воздушные выключатели переменного тока

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельный сквозной ток, кА		Ток термической устойчивости, кА			Номинальная мощность отключения, МВ·А	Номинальный ток отключения, кА	Время отключения, с	Полное время отключения, с	Расход воздуха на отключение, м³	Масса выключателя, кг	Число дугогасительных разрывов
			действующий	амплитудный	1 с	3 с	5 с							
ВВ-15	13,8	6 000	250	144	—	105	—	2 000	85	0,2	0,12	1,2	3 000	1
ВЭ-20	20	12 000	300	—	—	—	120	4 000	115	—	0,11	—	—	2
ВВН-35	35	600	24	42	—	—	12	1 000	16,5	0,30	0,10	0,9	1 200	1
		1 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВВН-35-2	35	2 000	33	84	—	33	—	2 000	33	0,17	0,08	—	3 500	1
						(4 с)								
ВВН-110-6	110	2 000	31,5	80	—	31,5	—	6 000	31,5	0,25	0,07	11,0	8 400	2
ВВН-110-6	110	2 000	—	80	—	—	—	6 000	31,5	0,15	0,08	4,5	7 500	2
ВВН-220-10	220	2 000	26,2	67	—	26,2	—	10 000	26,2	0,25	0,08	17,0	14 400	4
ВВН-220-15	220	2 000	39,4	100	—	39,4	—	15 000	39,4	0,25	0,08	20,0	15 300	5
ВВБ-220-12	220	2 000	—	80	—	32	—	12 000	31,5	0,20	0,03	9,0	15 600	4
ВВБ-220-15	220	2 000	—	100	—	40	—	15 000	39,4	0,20	0,08	10,5	15 000	4
ВВН-330-15	330	2 000	26,2	67	—	26,2	—	15 000	26,2	0,30	0,08	40	29 100	8
ВВ-330-15	330	2 000	37,5	65	—	38	—	15 000	26,2	0,25	0,03	45	30 000	8
ВВБ-330-20	330	2 000	—	90	—	35	—	20 000	35	0,25	0,03	18	36 600	8
ВВ-500-20	500	2 000	42	73	—	42	—	20 000	29	0,28	0,08	66	56 000	10
ВВБ-5-20	500	2 000	—	90	—	35	—	30 000	34,5	0,30	0,09	27	63 000	12
ВВБ-750-45	750	2 000	—	90	—	35	—	45 000	34,5	0,30	0,09	36	90 000	16

Таблица 28-30

## Электромагниты отключения, работающие от независимого источника оперативного тока

Тип привода	Род тока	Напряжение, В	Установившийся ток при номинальном напряжении, А	Потребляемая мощность, В·А	Омическое сопротивление, Ом	Число витков в катушке
ПРБА, ППМ-10 ПП-61	Постоянный	24	6,5	156	3,7	1100
		2	4,0	100	6,0	830
36		2,81	100	12,8	1240	
ПРБА, ППМ-10 ПП-61		48	3,25	156	14,9	850
		—	2,09	100	23	1650
ПРБА, ППМ-10 ПП-61		110	1,25	138	88	1600
		—	0,90	100	122	3800
ПРБА, ППМ-10 ПП-61		220	0,65	146	336	3220
		—	0,42	100	525	7600
ПРБА, ППМ-10 ПП-61		100	2,9	290	7,33	830
	—	1,95	—	—	1850	
ПРБА, ППМ-10 ПП-61 ПРБА, ППМ-10 ПП-61	Переменный	127	3,8	480	17,4	1100
		220	1,56	—	—	2300
			2,2	480	52,8	1870
—	0,94	200	—	4000		
ПП-10 ПП-61		380	0,95	360	210	3500
		—	0,54	—	—	7000

Таблица 28-31

## Варианты исполнения ручных и пружинных приводов

Тип	Варианты исполнений
ПРБА	110, 112, 114, 116, 220, 224, 400
ППМ-10	1124, 1140, 1144, 1146, 1224, 1446, 1114 2240, 2244, 2246, 4400
ПП-61	10 000, 11 000, 11 100, 11 122, 11 200, 11 220, 11 226, 11 228, 11 600, 11 800, 12 200, 12 260, 12 280, 12 600, 12 800, 16 000, 20 000, 22 000, 22 600, 22 800, 68 000, 80 000, 60 000

Таблица 28-32

## Отключающие катушки, встраиваемые в ручные и пружинные приводы

Вариант исполнения реле	Уставка тока, А	Потребляемая мощность, В·А		Пределы плавного регулирования тока уставки, А	Вариант исполнения реле	Уставка тока, А	Потребляемая мощность, В·А		Пределы плавного регулирования тока уставки, А
		Якорь заторможен	Якорь втянут				Якорь заторможен	Якорь втянут	
РТМ-I	5	16	58	4,9—7,4	РТМ-IV	75	210	570	54,0—108,0 69,0—150,0 94,0—200,0 104,0—260,0
	7,5	20	67	7,2—10,8		100	365	800	
	10	28	90	9,6—15,5		125	420	800	
	15	26	73	14,6—22,0		150	330	570	
РТМ-II	10	23	71	9,2—14,4	РТВ-I	5	41	112	—
	15	20	62	14,2—20,5	РТВ-IV	6	36	101	—
	20	28	79	18,4—30,5		7,5	41	118	—
	25	40	100	23,0—41,0		10	40	113	—
РТМ-III	30	66	220	25,0—38,0	РТВ-II	10	40	114	Выдержка времени от 0 до 4 с
	40	108	310	33,0—58,0	РТВ-V	12,5	40	114	
	50	143	345	43,0—67,0		15,0	44	125	
	60	104	200	54,0—81,0		17,5	45	125	
					РТВ-III	20	37	107	
						25	41	116	
					РТВ-VI	30	44	126	
						33	52	142	

Примечание. Вариант исполнения обозначается цифровым индексом; каждая цифра соответствует определенному типу встроенного отключающего элемента: 1 — реле максимального тока мгновенного действия (РТМ); 2 — реле максимального тока с выдержкой времени (РТВ); 3 — отключающие электромагниты; 6 — реле минимального напряжения с выдержкой времени

(РНВ); 8 — электромагнит релейного отключения с питанием от независимого источника оперативного тока; 0 — отсутствие в варианте исполнения отключающих элементов, действующих от защиты.

Например, вариант исполнения 110 показывает на наличие двух реле РТМ-400 — одного отключающего электромагнита.

Таблица 28-33

## Характеристика соленоидных и пневматических приводов к выключателям переменного тока

Тип привода	Тип выключателя	Потребление тока при напряжении катушек 220 В·А		Полное время включения выключателя с приводом, с	Собственное время включения выключателя с приводом, с	Масса, кг
		Включение	Отключение			
ПЭ-11	ВМГ-133 ВМП-10	58	1,25	0,3	0,08	45
ПЭ-2	МГГ-10-500	145	2,5	0,35	0,12	190
ПЭ-21	МГГ-10-750	145	2,5	0,4	0,1	275
ПЭ-21А	МГГ-10-1000	—	—	0,4	—	—
ШПЭ-44	У-220-10	240	5,0	0,8	—	750
ШПЭ-44у	МКП-110-5	310	5,0	—	—	—
ШПЭ-44у-1	У-110-8	360	2,5	0,8	—	750
ПВ-30	МГ-10 МГ-20	3,44	2,5	0,65	—	250

**28-6. ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА**

В СССР трансформаторы тока выпускаются со следующими номинальными напряжениями (табл. 28-34).

На трансформаторы тока установлены предельные значения погрешностей для различных классов точности (табл. 28-35).

Таблица 28-34

**Основные номинальные параметры трансформаторов тока (по ГОСТ 7746-68)**

Номинальное напряжение (линейное), кВ	0,66; 3; 6; 10; 15*; 20; 35; 110; 150; 220; 330; 500
Номинальный первичный ток** $I_{1н}$ , А	1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75***, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750***, 800, 1 000, 1 200***, 1 500, 6 000, 8 000, 10 000, 12 000, 14 000, 16 000, 18 000, 20 000, 25 000, 28 000, 32 000, 35 500, 40 000
Номинальный вторичный ток $I_{2н}$ , А	1***, 2***, 2,5; 5
Номинальная нагрузка с коэффициентом мощности 0,8 В-А	2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100
Номинальный класс точности	0,2; 0,5; 1; 3; 10****

\* Не рекомендуется.  
 \*\* Для встроенных трансформаторов тока, начиная от 75 А и выше; для трансформаторов тока, предназначенных для комплектации турбо- и гидрогенераторов, значения свыше 10 000 А являются рекомендуемыми.  
 \*\*\* Допускается только для трансформато-

ров тока с секционированными обмотками для получения нескольких коэффициентов трансформации.  
 \*\*\*\* Для трансформаторов тока на номинальный первичный ток до 3 000 А.  
 \*\*\*\*\* Только для встроенных трансформаторов тока.

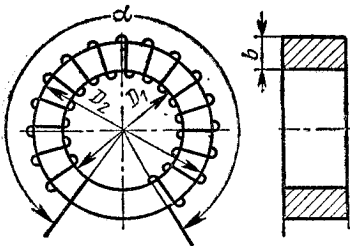


Таблица 28-35

**Предельные значения погрешностей трансформаторов тока для различных классов точности (по ГОСТ 7746-68)**

Класс точности	Первичный ток, % номинального	Предельное значение			Пределы вторичной нагрузки, % номинальной, при $\cos \phi_2 = 0,8^*$
		токовой погрешности, %	угловой погрешности		
			мин	рад	
0,2	10	$\pm 0,50$	$\pm 20$	$\pm 0,6$	25—100
	20 100—120	$\pm 0,35$ $\pm 0,20$	$\pm 15$ $\pm 10$	$\pm 0,45$ $\pm 0,3$	
0,5	10	$\pm 1,0$	$\pm 60$	$\pm 1,8$	25—100
	20 100—120	$\pm 0,75$ $\pm 0,5$	$\pm 45$ $\pm 30$	$\pm 1,35$ $\pm 0,9$	
1	10	$\pm 2,0$	$\pm 120$	$\pm 3,6$	25—100 25—100
	20 100—120	$\pm 1,5$ $\pm 1,0$	$\pm 90$ $\pm 60$	$\pm 2,7$ $\pm 1,8$	
3	50—120	$\pm 3,0$	Не нормируется		50—100
10	50—120	$\pm 10$	Не нормируется		50—100

\* Для трансформаторов тока с номинальной вторичной нагрузкой менее 15 В-А нижний предел вторичной нагрузки должен соответствовать ниже следующей таблице:

Примечание. Погрешности трансформаторов тока не должны выходить за пределы ломаной линии, состоящей из отрезков, проведенных через точки предельных погрешностей.

Таблица 28-36

Вторичные нагрузки трансформаторов тока

Номинальная вторичная нагрузка, В·А	2,5	5	10
Нижний предел вторичной нагрузки, В·А	1,25	3,75	3,75

Примечание. Для трансформаторов тока с номинальной вторичной нагрузкой более 60 В·А нижний предел должен составлять не более 15 В·А.

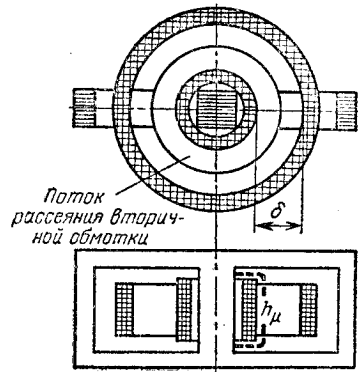


Таблица 28-37

Наибольшие допустимые рабочие первичные токи (по ГОСТ 7746-68)

Номинальный первичный ток, А	1	5	10	15	20	30	40	50	75	80	100	150	200	250	300	400	500
Наибольший рабочий первичный ток, А	1	5	10	16	20	32	40	50	80	80	100	160	200	250	320	400	500
Номинальный первичный ток, А	600	750	800	1 000	1 200	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000	10 000				
Наибольший рабочий первичный ток, А	630	800	800	1 000	1 250	1 600	2 000	3 200	4 000	5 000	6 300	8 000	10 000				

Примечание. Для трансформаторов тока на номинальные токи свыше 10 000 А наиболь-

ший рабочий первичный ток должен приниматься равным номинальному первичному току.

Для трансформаторов тока нагрузка должна соответствовать данным, приведенным в табл. 28-36.

Нагрузка первичной цепи трансформаторов тока должна соответствовать данным табл. 28-37.

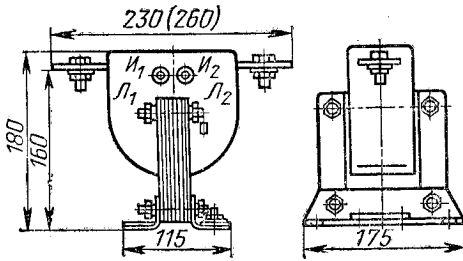


Рис. 28-92. Трансформатор тока ТКЛ-3 (в скобках размер для трансформатора тока на токи от 150 до 600 А).

В настоящее время для трансформаторов тока внутренней установки до 35 кВ и наружной установки до 10 кВ применяется литая изоляция на основе эпоксидных смол.

Основные технические данные трансформаторов тока напряжением 0,5—35 кВ,

выпускаемых в СССР, приведены в табл. 28-38.

В этом исполнении выпускаются: на напряжение 3 кВ: катушечные трансформаторы тока типа ТКЛ-3 (рис. 28-92), проходные одновитковые типа ТПОЛ-10 на 600, 800, 1 000 и 1 500 А, типа ТПОЛА-10 (с алюминиевой первичной обмоткой) на 600, 800 и 1 000 А (рис. 28-94), проходные одновитковые модернизированные типа ТПОЛМ-10 с алюминиевой первичной обмоткой (на 400, 600, 800, 1 000 и 1 500 А (рис. 28-95), одновитковые встроенные для агрегатов, имеющих избыточное давление, типа ТВОЛ-10 с алюминиевой первичной обмоткой на 300, 600, 800 А (рис. 28-96), катушечные наружной установки типа ТКЛН-10 от 10 до 200 А (рис. 28-97); на напряжение 20

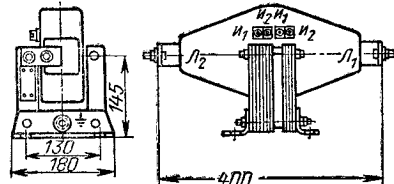


Рис. 28-93. Трансформатор тока ТПЛ-10 и ТПЛУ-10.



Таблица 28-38

Трансформаторы тока 0,5—35 кВ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Варианты исполнения	Номинальный первичный ток, А	1-секундная термическая устойчивость (кратность)	Динамическая устойчивость (кратность)	Обозначение сердечника	Вторичная нагрузка, при которой обеспечивается класс точности						Предельная кратность при номинальной нагрузке	Масса, кг
							0,5		1		3			
							Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А		
ТКЛ-3	3	0,5	5; 10; 15; 20; 30; 40 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600	70	175 (но не выше 100 кА)	0,5	0,6	15	1	25	—	—	8	7
ТНЛ-10	10	Р 0,5/Р Р/Р	5; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200	90	250	0,5	0,4	10	0,8	20	—	—	7	10
			300		175									
			400	70	165	Р	0,6	15	1,0	25	30	15	16	
ТНЛУ-10	10	Р 0,5/Р; Р/Р	10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100	120	250	0,5	0,4	10	0,8	20	—	—	7	11
ТНЛУ-10	10	Р 0,5/Н; Р/Р	10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100	120	250	0,5	0,4	10	0,8	20	—	—	7	11
ТПОЛА-10*	10	Р 0,5/Р Р/Р	600	65	160	0,5	0,4	10	0,8	20	—	—	17/21**	16
			800											
			ТПОЛ-10			1 000	55	140	Р	0,6	15	1,0	25	1,2
1 500	36	90				24/25								
ТПОЛМ-10	10	0,5/Р Р/Р	400 600 800 1 000 1 500	65	160	0,5	0,6	15	1,2	30	2	50	15/20 17/22 20/25 17/22 25/25	17—19
ТВОЛ-10	10	0,5/Р; Р/Р	300	65	160	0,5	0,6	15	—	—	1,2	30	7/15	16
			600 800											
ТКЛН-10	10	0,5/Р Р/Р	10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200	50	100	0,5	0,4	—	—	—	—	—	15	20
ТНШ-0,5	0,5	3	15 000 25 000	120 180	—	3					2,0	50	3	46,5 170

Продолжение табл. 28-38

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Варианты исполнения	Номинальный первичный ток, А	I-секундная термическая устойчивость (кратность)	Динамическая устойчивость (кратность)	Обозначение сердечника	Вторичная нагрузка, при которой обеспечивается класс точности						Пределная кратность при номинальной нагрузке	Масса, кг				
							0,5		1		3							
							Ом	В·А	Ом	В·А	Ом	В·А						
ТНШЛ-0,66	0,66	0,5	800	50	1	0,5	0,8	20	1,6	40	3,0	75	8	5,5				
			1 000										12					
			1 500										16					
			2 000										20					
			3 000				0,8	20	2,0	50	4,0	100	20	10,5				
			4 000									15						
			5 000									15						
			8 000							0,8	20	3	38,0					
			10 000							0,8	20	3	38,0					
ТНШЛ-0,63	0,66	0,5	8 000	50	—	0,5	—	—	—	—	—	0,8	20	3	38,0			
			10 000											2				
ТНШЛ-10	10	0,5/Р Р/Р	2 000	70	—	0,5	0,8	20	1,2	30	2,4	60	20/25	25				
			3 000										30		3,0	75	6,0	150
			4 000										30/25	40				
ТШЛ-20	20	0,5/Д К	6 000	40	—	Д; 0,5	1,2	30	3	75	—	—	18	180				
			8 000										14					
			10 000										12		210			
			12 000															
ТПОЛ-20	20	Д/1 Д/Д	400	80	300/250***	Д	—	—	0,6	15	—	—	12/15	34,				
			600										1	0,8	20	—	—	36***
ТПОЛ-35	35	Д/0,5 Д/Д	800	80	200/170 150/130 120/100 80/70	Д	0,8	20	—	—	—	—	17/20	35, 37				
			1 000										1,2	30	—	—	17/25	35, 38
			1 500										2	50	—	—	14/26	30; 35
						0,5	0,8	20	—	—	—	19/26	32; 37					

\* ТПОЛА-10 выпускаются только на токи до 1 000 А.

\*\* Цифры за скобкой относятся к сердечнику Р или Д.

\*\*\* Цифры за скобкой — динамическая устойчивость ТПОЛ-35.

\*\*\*\* Первая цифра — масса трансформатора ТПОЛ-20 с сердечниками Д/0,5, вторая — с Д/Д. Масса трансформатора ТПОЛ-35 54 кг.

и 35 кВ: проходные одновитковые типа ТПОЛ-20 и ТПОЛ-35 на 400, 600, 800, 1 000 и 1 500 А.

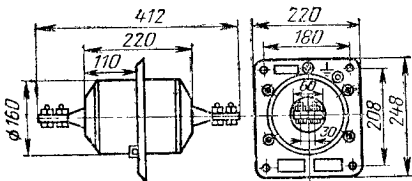


Рис. 28-94. Трансформатор тока ТПОЛ-10.

Для этого типа трансформаторов тока для каждого номинального первичного тока оставлено одно исполнение, а именно Д/0,5. Исключение составляет ток 400 А, где получение класса 0,5 было бы связано с чрезмерным увеличением габаритов. Вследствие этого для данного типа трансформаторов тока выбрано одно исполнение Д/1. Для всех исполнений ТПОЛ-20 и ТПОЛ-35 был проведен принцип идентичности обоих сердечников, т. е. комбинацию Д/0,5 можно использовать и как Д/Д, а также как 0,5/0,5.

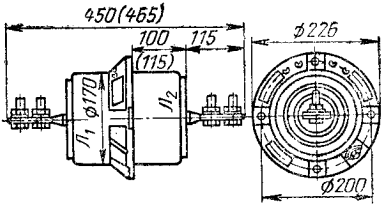


Рис. 28-95. Трансформатор тока ТПОЛМ-10 (в скобках размеры для трансформатора тока 400 А в исполнении Р/Р).

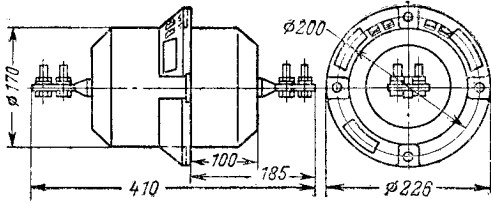


Рис. 28-96. Трансформатор тока ТВОЛ-10.

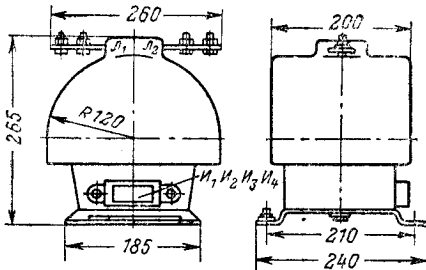


Рис. 28-97. Трансформатор тока ТКЛН-10.

На большие номинальные первичные токи применяются проходные и опорные трансформаторы тока, в которых роль первичной обмотки выполняет шина, пропускаемая внутри трансформатора. Динамическая устойчивость и способность к перегрузке по току определяются шинпроводом.

На напряжение 0,5 кВ и токи 15 000 и 25 000 А выпускается трансформатор тока ТНШ-0,5 (рис. 28-98, табл. 28-43); на напряжение 0,66 кВ и токи от 800 до 10 000 А — трансформатор тока ТНШЛ-0,66 с литой изоляцией (рис. 28-99, 28-100); на напряжение 10 кВ и токи 2 000, 3 000, 4 000, 5 000 А — проходной шинный трансформатор тока с литой изоляцией типа ТПШЛ-10 (рис. 28-101); на напряжение 20 кВ и токи 6 000, 8 000, 12 000 и 18 000 А — шинный трансформатор тока с литой изоляцией типа ТШЛ-20 и ТШЛ-20Б без литого металлического корпуса (рис. 28-102).

Для наружной установки выпускаются опорные трансформаторы тока с масляным наполнением типа ТФН (рис. 28-105 — 28-108):

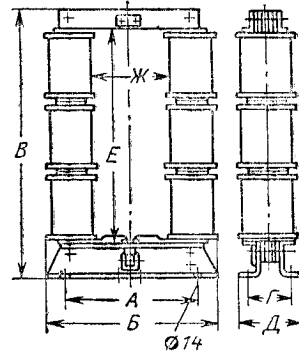


Рис. 28-98. Трансформатор тока ТНШ-0,5.

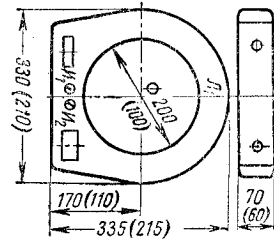


Рис. 28-99. Трансформатор тока ТНШЛ-0,66 на 3 000—5 000 А (в скобках размеры для трансформатора тока на 800—2 000 А).

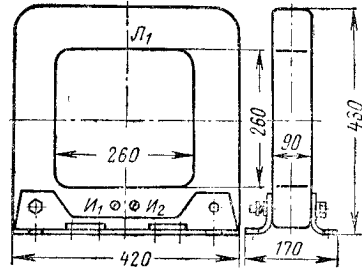


Рис. 28-100. Трансформатор тока ТНШЛ-0,66 на 800—10 000 А.

ТФНД35М — трансформатор тока восьмерочной конструкции с обмотками для дифференциальной защиты;

ТФНД110М — модернизированный (без металлического маслорасширителя) с обмотками для дифференциальной защиты.

Первичная обмотка выполняется из двух одинаковых секций, соединяемых последовательно или параллельно после отключения трансформатора тока от сети, благодаря чему трансформатор имеет два номинальных тока, находящихся в отношении 1 : 2 (рис. 28-106);

ТФНД220-1 малогабаритный. Первичная обмотка состоит из четырех секций, со-

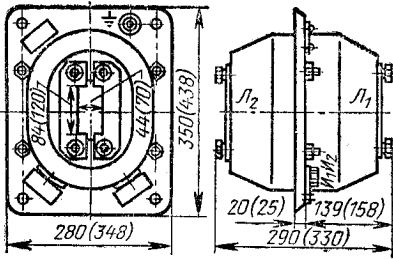


Рис. 28-101. Трансформатор тока ТППЛ-10 на 2 000—3 000 А (в скобках размеры для трансформатора тока на 4 000—5 000 А).

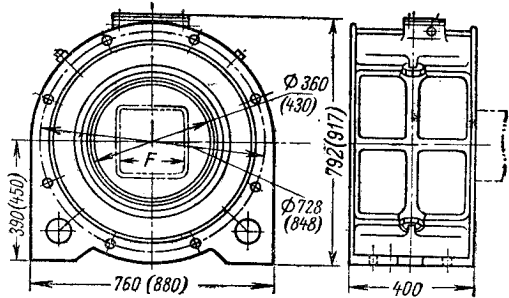


Рис. 28-102. Трансформатор тока ТПЛ-20. Допустимые размеры шин (не менее 200×200 мм и не более 250×250 мм для трансформаторов тока до 10 000 А).

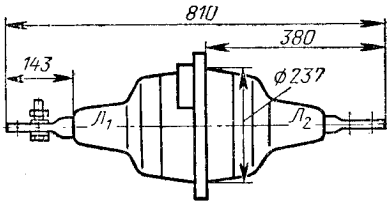


Рис. 28-103. Трансформатор тока ТПОЛ-20.

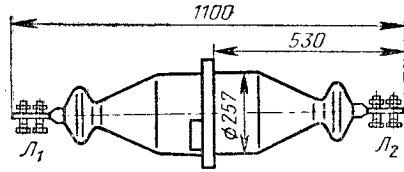


Рис. 28-104. Трансформатор тока ТПОЛ-35.

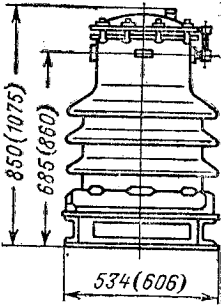


Рис. 28-105. Трансформатор тока ТФН-35М (в скобках размер для ТФНД-35М).

единяемых либо параллельно (на 1200 А), параллельно-последовательно (на 600 А) либо последовательно (на 300 А). Вторичная обмотка состоит из четырех сердечников (каждый с индивидуальной обмоткой, рис. 28-107).

ТФНКД500 — каскадный. Выполнен в виде вертикальной фарфоровой колонны, состоящей из двух конструктивно самостоя-

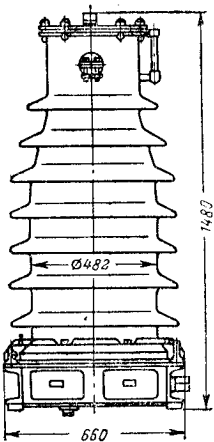


Рис. 28-106. Трансформатор тока ТФНД-110М.

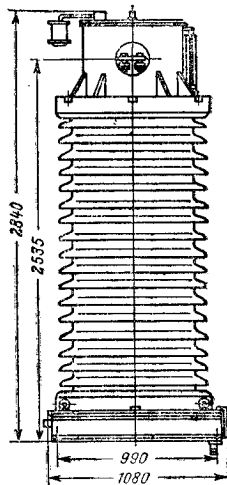


Рис. 28-107. Трансформатор тока ТФНД220-1.

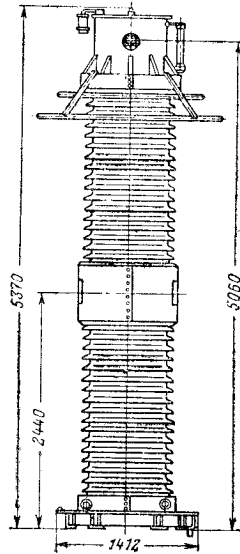


Рис. 28-108. Трансформатор тока ТФНКД-500.

Таблица 28-39

## Трансформаторы тока наружной установки 35—500 кВ

Тип	Обозначение сер- дечников	Номиналь- ный перв- ичный ток, А	Номинальная вторичная нагрузка, Ом		Пределная и макс- имальная кратность при нагрузке, В·А			Одсекундная тер- мическая устойчи- вость (кратность)	Динамическая устой- чивость (кратность)	Масса, кг						
			в классе 0,5	в классе 1	50	30	20									
ТФН35М-Д/0,5	0,5	15—600	2	4	10	16	—	—	65	150	200					
		800				19				100						
		1 000				15				100						
	Д	15—600	0,8	4	—	—	35	40	—	150						
		800						47		100						
		1 000						50		100						
ТФНД35М-Д/Д/0,5	0,5	15—600	1,2	2,4	—	14	20	65	—	150	350					
		800, 1 500				16	23			100/50*						
		1 000, 2 000				3	18			100/50*						
	Д	15—600				—	—			30		35	90**	150		
		800, 1 500												33	40	100/50*
		1 000, 2 000												38	45	100/50*
ТФНД110М-Д/Д/0,5	0,5	50; 100; 75; 150; 100; 200; 150; 300; 200; 400; 300; 600;	1,2	4	—	10	16	75	—	150	420					
	Д	400; 800				—	—			30		37	60	75		
ТФНД110М-Ы-Д/Д/0,5	0,5	750, 1 500 1 000, 2 000	0,8/20***	2/50***	—	—	20	22 28****	60	75	750					
	Д	—	—	—	—	—	30	35								
ТФНД220-1-Д/Д/0,5	0,5	300, 600 1 200	1,2/30***	3/75***	—	27	—	—	60	60	2 500					
	Д	—	2/50***	4/100***	—	30	—	—								
ТФНД500-Д/Д/Д/1 (Д)/0,5	Д	500, 1 000 2 000	75	—	—	—	—	21,5	55	4 680						
	1(Д)		50		12						—					
	0,5		30		—						12	—				
ТРН750-Д/Д/Д/0,5	Д	1 000, 2 000	—	75	—	—	—	27 (4 с)	65	9 100						
	0,5		50	—	12	—										

\* Значение 50 относится к трансформатору тока с номинальным первичным током 1 500 и 2 000 А.

\*\* Для ТФНД35М.

\*\*\* Трансформаторы тока ТФНД110М-И и ТФНД220-1 выпускаются в исполнениях на номинальные вторичные токи 5 и 1 А.

\*\*\*\* Для трансформаторов с номинальным током 1 000—2 000 А.

тельных частей — верхней и нижней ступеней. Номинальный первичный ток 2000, 1000, 500 А; номинальный вторичный ток — 1 А (рис. 28-108).

Трансформаторы тока нулевой последовательности

Трансформаторы тока нулевой последовательности с подмагничиванием переменным током 50 Гц выпускаются в двух исполнениях: кабельного типа ТНП и шинный ти-

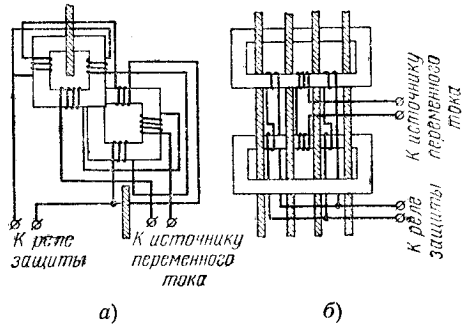


Рис. 28-111. Схема расположения и соединения обмоток трансформаторов тока кабельного типа ТНП.

а — ТНП-2; б — ТНП-4 — ТНП-16.

па ТНПШ; применяются для схем чувствительной токовой защиты от замыкания на землю статорных обмоток синхронных генераторов, крупных электродвигателей и других элементов оборудования электрических установок высокого напряжения (табл. 28-41).

Трансформаторы типа ТНП рассчитаны на охват от 1 до 16 кабелей наружным диаметром не более 50 и 60 мм. Типовое обозначение ТНП включает цифру, обозначающую максимальное число охватываемых кабелей (табл. 28-42).

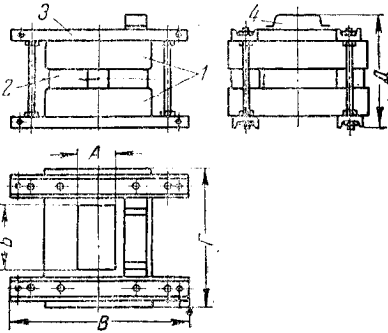


Рис. 28-109. Трансформаторы тока нулевой последовательности кабельного типа ТНП.

1 — магнитопровод с обмотками; 2 — прокладка нажимная; 3 — планка нажимная немагнитная; 4 — панель с зажимами.

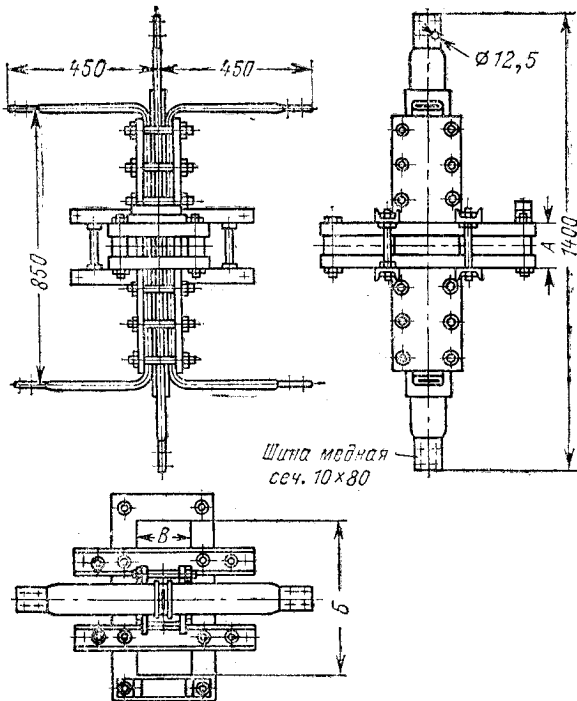


Рис. 28-110. Трансформатор тока нулевой последовательности шинного типа ТНПШ на одну группу шин 1750 А.

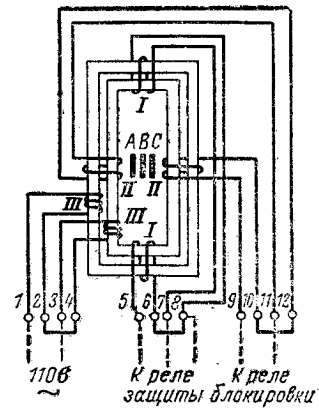


Рис. 28-112. Схема устройства трансформатора тока ТНПШ.

I-I — вторичная обмотка; II-II — блокировочная обмотка; III-III — обмотка подмагничивания.

В окне магнитопровода трансформатора тока ТНПШ закреплены от одной до трех групп из трех прямоугольных токоведущих шин, изолированных на полное рабочее напряжение друг от друга и по отношению к земле. Типовое обозначение ТНПШ включает цифру, обозначающую число групп шин и номинальное напряжение трансформатора тока.

Трансформаторы тока ТНП имеют два одинаковых магнитопровода, выполненных в виде квадратной (тип ТНП-2) или прямоугольной (типа ТНП-4 — ТНП-16) рамки (рис. 28-109, 28-111). На каждом из двух магнитопроводов расположены две секции вторичной обмотки: в трансформаторах тока ТНП-2 на противоположных сторонах, а в остальных — на одной из длинных сторон на равном расстоянии от середины. Все секции (четыре) вторичной обмотки соединены параллельно-последовательно. Такое соединение и расположение обмоток необходимо для ограничения токов небаланса. Для увеличения отдаваемой мощности в 10—15 раз применено подмагничивание магнитопроводов переменным током 110 В, 50 Гц. Обмотки подмагничивания соединены встречно-последовательно для исключения индуктирования напряжения во вторичной цепи.

Трансформаторы тока ТНПШ имеют два одинаковых, помещенных один за другим магнитопровода прямоугольной формы (рис. 28-110 и 28-112). В трансформаторах тока ТНПШ предусмотрена блокировка при помощи обмоток II для предотвращения ложного действия защиты при сквозных междуфазных коротких замыканиях большой мощности.

При использовании трансформаторов тока типов ТНП и ТНПШ необходимо принимать во внимание ряд их особенностей.

1. Они весьма чувствительны к влиянию соседних шин. Расстояние между трансформаторами тока нулевой последовательности и соседними шинами должно быть не менее 1,5—2 м.

2. При кабельном варианте ТНП кабеля необходимо располагать в окне трансформатора тока симметрично, по оси окна или в шахматном порядке. Несоблюдение этого правила повышает ток небаланса.

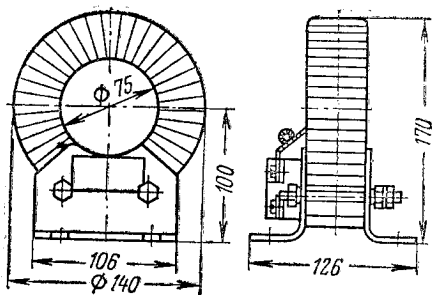


Рис. 28-113. Трансформатор тока ТЗ.

3. Токи, наведенные в броне кабелей, проходящие через окно ТНП, могут вызвать ложное срабатывание защиты. Поэтому необходимо заземлять каждую кабельную муфту у генератора, а провод заземления пропускать через окно ТНП ря-

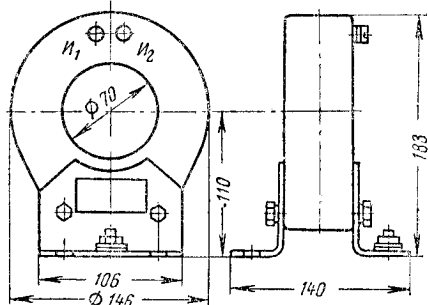


Рис. 28-114. Трансформатор тока ТЗЛ.

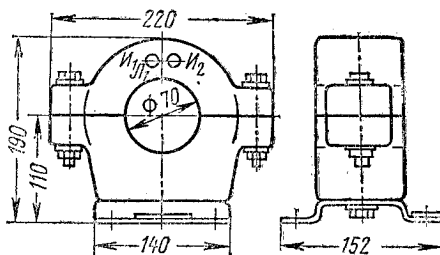


Рис. 28-115. Трансформатор тока ТЗРЛ.

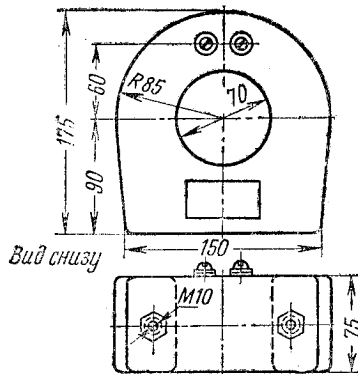


Рис. 28-116. Трансформатор тока ТЗЛМ.

дом со своим кабелем. Оболочки кабелей и провода заземления должны быть надежно изолированы от земли на всем протяжении от генератора до трансформатора тока, а также от его корпуса.

Для питания схем релейной защиты от замыкания на землю отдельных жил кабеля (буква З в маркировке типа) применяются трансформаторы тока внутренней ус-

тановки нулевой последовательности типов ТЗ, ТЗЛ (с литой изоляцией), ТЗР-1 (разъемный) и ТЗРЛ (разъемный, с литой изоляцией) (рис. 28-113 — 28-119, табл. 28-40).

Условия, при которых достигается наибольшая чувствительность защиты, приведены в табл. 28-35.

Для выбора реле, уставки трогания и определения защиты служит номограмма, приведенная на рис. 28-118.

На оси абсцисс левого графика находят напряжение в вольтах на зажимах трансформатора, равное произведению тока трогания реле на сопротивление реле и соеди-

Таблица 28-40

## Трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТЗЛ, ТЗР

Тип	Сопротивление соединительных проводов, Ом	Тип реле	Используемая шкала реле, А	Уставка тока трогания, А	Чувствительность защиты, А		
					при работе одного трансформатора	при последовательном соединении двух трансформаторов	при параллельном соединении двух трансформаторов
ТЗЛ, ТЗ	1,0	ЭТ-521/0,2 ЭТД-551/60	0,1—0,2 0,03—0,06	0,1 0,03	7,0	9,0	11,0
	1,0				3,5	4,0	6,0
ТЗЛМ	1,0	ЭТ-521/0,2 ЭТД-551/60	0,1—0,2 0,03—0,06	0,1 0,03	6,5	8,2	9,5
	1,0				3	3,2	4,5
ТЗЛ-95	0,1	ЭТ-521/0,2 ЭТД-551/60 РУ-21/0,1	0,1—0,2 0,03—0,06 0,1	0,1 0,03 0,1	5,8	8,44	8,4
	0,1				2,51	3,08	1,76
	0,1				8,22	10,41	8,22
ТЗРЛ ТЗР-1	1,0	ЭТ-521/0,6	0,15—0,3 0,3—0,6	0,15 0,3	10	—	—
	1,0				13	—	—

Таблица 28-41

## Трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТНПШ (рис. 28-110)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	10-секундная термическая устойчивость, кА	Динамическая устойчивость, кА	Потребляемая мощность в цепи подмагничивания, В·А	Число вторичных витков	Размеры, мм			Масса, кг
							А	Б	В	
ТНПШ-1/6 ТНПШ-1/10 ТНПШ-1/15	6,3	1 750	24	165	20	39	134	450	160	156
	10,5						134	450		158
	15,75						140	500		166
ТНПШ-2/6 ТНПШ-2/10 ТНПШ-2/15	6,3	3 000	48	165	25	39	140	500	160	211
	10,5						140	500		214
	15,75						156	620		246
ТНПШ-3/6 ТНПШ-3/10 ТНПШ-3/15	6,3	4 500	72	165	30	39	156	620	160	288
	10,5						160	620		292
	15,75						200	620		325

Таблица 28-42

## Трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТНП (рис. 28-109)

Тип	Число охватываемых кабелей	Максимальный диаметр кабеля, мм	Число вторичных витков	Потребляемая мощность подмагничивания, В·А	Размеры, мм						Масса, кг
					А	Б	В	Г	Д	Окно в чистоте	
ТНП-2	1—2	50	20	20	110	110	410	240	325	92×92	60
ТНП-4	3—4	50	20	45	110	200	520	400	325	92×200	128
ТНП-7	5—7	50	27	50	120	400	560	640	300	100×400	152
ТНП-12	8—12	60	27	70	150	510	600	750	320	130×510	225
ТНП-16	13—16	60	27	85	150	600	—	840	332	130×600	280



Таблица 28-43

**Габаритные и установочные размеры трансформаторов тока типа ТНШ-0,5 (по рис. 28-98)**

Номинальный первичный ток, А	Размеры, мм						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
15 000	294	360	475	90	130	365	120
25 000	380	480	770	120	160	610	200

нительных проводов. Из найденной точки восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой графика и проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с осью графика.

Соединяя прямой линией найденную точку с точкой, соответствующей величине тока трогания на крайней правой шкале,

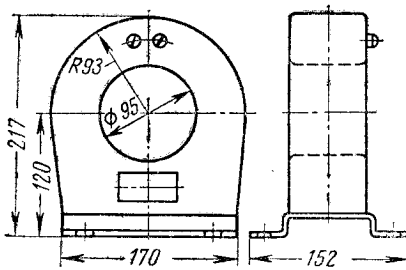


Рис. 28-117. Трансформатор тока ТЗЛ-95.

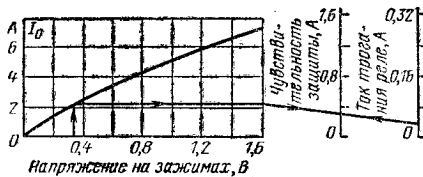


Рис. 28-118. Номограмма для определения чувствительности защиты с трансформатором тока ТЗЛ.

находим величину тока замыкания на землю, приводящего в действие защиту, т. е. чувствительность защиты.

**Быстронасыщающиеся трансформаторы тока**

Быстронасыщающиеся трансформаторы тока (рис. 28-119) применяются как источник оперативного переменного тока в цепях защиты для питания отключающих катушек ручных и автоматических приводов выключателей, короткозамыкателей и отделителей, а также в схемах дифференциальной защиты для отстройки от аperiodической составляющей тока.

Катушечный трансформатор тока типа ТКБ-1 работает в нормальном режиме с разомкнутой обмоткой. При этом ампли-

тудное значение напряжения на разомкнутой обмотке достигает 200—300 В.

По термической и динамической устойчивости трансформатор выдерживает максимально возможные токи, протекающие во вторичной цепи трансформатора.

В случае присоединения ТКБ-1 к зажимам  $I_1$  и  $I_2$  до 5 А коэффициент трансфор-

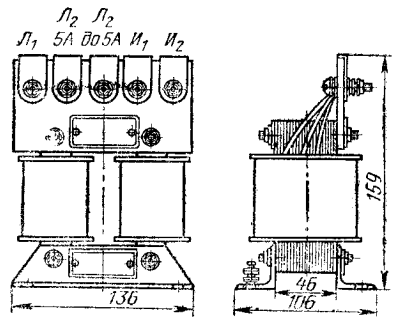


Рис. 28-119. Трансформатор тока ТКБ-1.

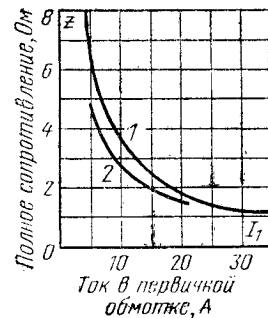


Рис. 28-120. Характеристика трансформатора тока ТКБ-1 при разомкнутой вторичной обмотке.

1 — первичная обмотка включена к зажимам  $I_1$  и  $I_2$  до 5 А; 2 — первичная обмотка включена к  $L_1$  и  $L_2$  — 5 А.

мации равен 4 (3,5) — первая цифра означает первичный ток ТКБ-1 [при включении на зажимы  $I_1$  и  $I_2$  коэффициент трансформации равен 5/3,5 (рис. 28-120)].

Номинальный вторичный ток трансформатора ТКБ-1 равен 3,5 А, максимальный вторичный ток 8 А. Масса 3,6 кг.

Быстронасыщающийся трансформатор тока с литой изоляцией типа ТПШЛ-0,5 используется в схемах с короткозамыкателем и отделителем.

Кривые предельных кратностей первичного тока при погрешности 10%

На рис. 28-121 — 28-131 приведены кривые предельных кратностей первичного то-

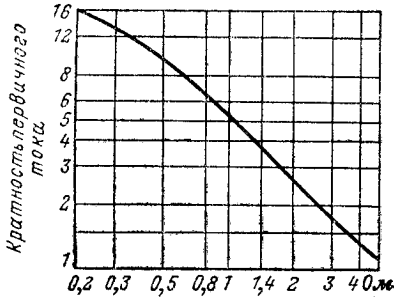


Рис. 28-121. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТКЛ-3.

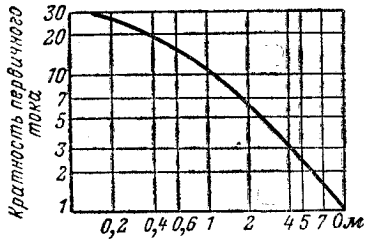


Рис. 28-122. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТПЛ-10 и ТПЛУ-10 (сердечник P).

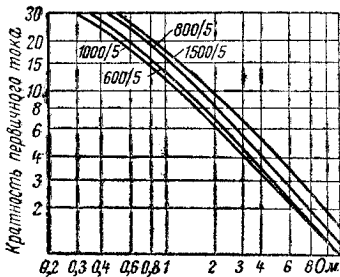


Рис. 28-123. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТПУОЛ-10 (сердечник P).

ка при погрешности 10% для основных типов трансформаторов тока.

В табл. 28-34 — 28-43 приведены характеристики всех описанных выше типов.

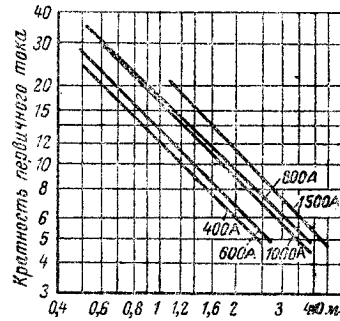


Рис. 28-124. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТПОЛМ-10 (сердечник P).

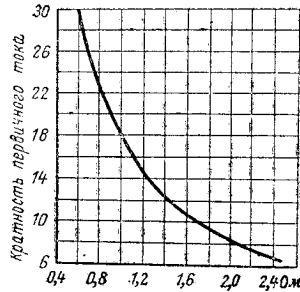


Рис. 28-125. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТВОУЛ-10 (сердечник P).

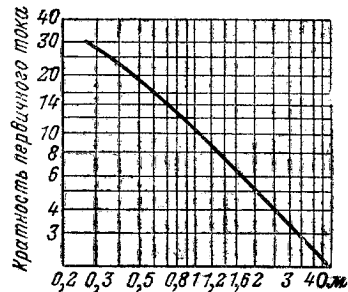


Рис. 28-126. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТКЛН-10 (сердечник P).

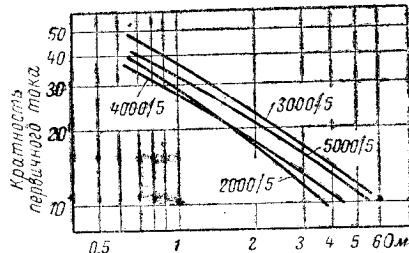


Рис. 28-127. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТПШЛ-10 (сердечник P).

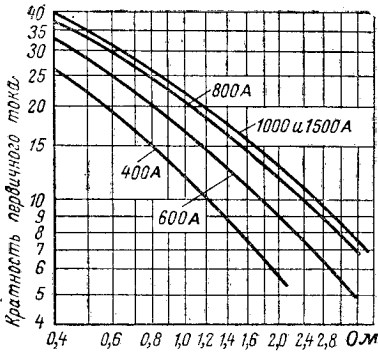


Рис. 28-128. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТПОЛ-20 и ТПОЛ-35.

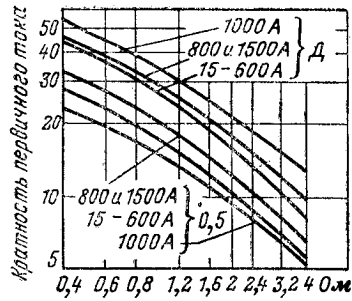


Рис. 28-130. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТФНД-35М.

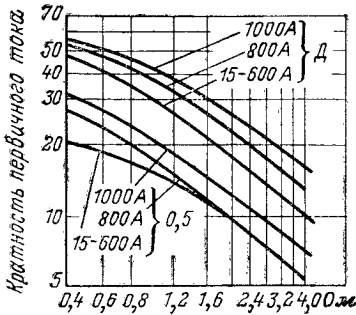


Рис. 28-129. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТФН-35М.

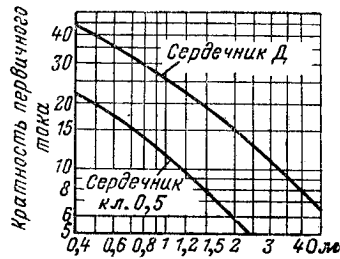


Рис. 28-131. Кривые предельной кратности  $K_{10}$  для ТФНД-110М.

**28-7. ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ**

**Общие сведения**

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения (свыше 250 В) до значения, равного 100 В, необходимого для питания измерительных приборов, цепей автоматики, сигнализации и защитных устройств. Для питания защитных устройств применяются трехобмоточные трансформаторы с дополнительной вторичной обмоткой.

Трансформаторы применяются в наружных или внутренних электроустановках переменного тока напряжением 0,38—500 кВ и номинальной частотой 50 Гц. Значения

погрешностей для различных классов точности (согласно ГОСТ-1983-67) приведены в табл. 28-44.

Трехобмоточные трансформаторы серии ЗНОМ и НТМИ предназначены для сетей с изолированной нейтралью, серии НКФ (кроме НКФ-110-58) с заземленной нейтралью.

Трансформаторы напряжения изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 1983-77.

Понижающие трансформаторы типов ЗОМ-1/15 и ЗОМ-1/20 не являются измерительными, но применяются в распределительных устройствах вместе с трансфор-

Таблица 28-44

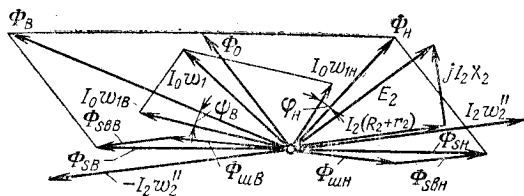
**Погрешности трансформаторов напряжения**

Класс точности	Максимальная погрешность ( $\pm$ )	
	напряжения, %	угловая, мин
0,5	0,5	20
1	1	40
3	3	Не нормирована

Примечание. Для трехобмоточных трансформаторов классы точности устанавливаются в отношении основной вторичной обмотки.

Таблица 28-45

## Характеристики трансформаторов напряжения



Тип	Номинальное напряжение, В		Номинальная мощность, В·А, в классе точности			Максимальная мощность, В·А	Масса, кг	
	ВН	НН	0,5	1	3		полная	масла
НОС-0,5	380 500	100	25	50	100	200	8,4	—
НОСК-6-66	6 000	100	50	75	200	400	13	—
НОМ-6	1 385 3 000 3 150* 3 300* 6 000 6 300*	100	50 30 30 30 50 50	75 50 50 50 75 75	200 150 150 150 200 200	400 240 240 240 400 400	22	5
НОМ-10	10 000 10 500* 11 000	100	75	150	300	640	35	7
НОМ-15	13 800 15 750 18 000	100	75	150	300	640	81	23
НОМ-35-66	35 000	100	150	250	600	1 200	86	10
ЗНОМ-15	6 000:√3 10 000:√3 10 500:√3 13 800:√3 15 750:√3	100:√3/100:3	50 75	75 150	200 300	400 640	63	14
ЗНОМ-20	18 000:√3 20 000:√3	100:√3/100:3	75	150	300	640	77,5	18
ЗОМ-1/15	6 000:√3 10 000:√3 10 500:√3* 13 800:√3 15 750:√3	100:√3/127—100	—	—	—	75/850	62	14
ЗОМ-1/20	18 000:√3 20 000:√3	100:√3/127—100	—	—	—	75/850	75,5	18
ЗНОМ-35-65	35 000:√3	100:√3/100:3	150	250	600	1200	73	16
НТС-0,5	380 500	100	50	75	200	400	14,5	—
НТМК-6-48	3 000 6 000	100	50 75	75 150	200 300	400 640	47,5	15

Продолжение табл. 28-45

Тип	Номинальное напряжение, В		Номинальная мощность, В·А, в классе точности			Максимальная мощность, В·А	Масса, кг	
	ВН	НН	0.5	1	3		полная	масла
НТМК-10	10 000	100	120	200	500	960	110	27
НТМИ-6-66	1 385 3 000 3 300*	100/100:3	50	75	200	400	60	12.5
	6 000		75	150	300	640		
НТМИ-10-66	10 000 11 000*	100/100:3	120	200	500	960	80	19
НТМИ-18	13 800 15 750 18 000	100/100:3	120	200	500	960	300	94
НКФ-110-57	66 000: $\sqrt{3}$ * 110 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100$	400	600	1 200	2 000	587	155
НКФ-110-58	66 000: $\sqrt{3}$ * 110 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100:3$	400	600	1 200	2 000	627	150
НКФ-220-58	150 000: $\sqrt{3}$ 200 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100$	400	600	1 200	2 000	1 390	320
НКФ-330**	330 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100$	—	500	1 000	2 000	2 210	480
НКФ-400-65	400 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100$	—	500	1 000	2 000	4 850	1 160
НКФ-500**	500 000: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}/100$	—	500	1 000	2 000	4 850	1 160

\* Для внутрисююзных поставок только с разрешения Государственного комитета стандартов, мер и измерительных приборов СМ СССР.

\*\* Трансформаторы серии НКФ 330 кВ и выше выпускаются только в классах точности 1 и 3.

маторами напряжения типов ЗНОМ-15 и имеют одинаковую с ними конструкцию.

Типовое обозначение трансформаторов напряжения расшифровывается следующим образом:

НОС — трансформатор напряжения однофазный сухой;

НОСК — трансформатор напряжения однофазный сухой комплектующий;

НТС — трансформатор напряжения однофазный масляный;

НОМ — трансформатор напряжения однофазный масляный;

ЗНОМ — с заземленным выводом первичной обмотки, трансформатор напряжения однофазный масляный;

НТМК — трансформатор напряжения трехфазный масляный с компенсирующей обмоткой для уменьшения угловой погрешности;

НТМИ — трансформатор напряжения трехфазный масляный с дополнительной вторичной обмоткой (для контроля изоляции сети);

НКФ — трансформатор напряжения каскадный в фарфоровой крышке;

ЗОМ — с заземленным выводом первичной обмотки однофазный масляный.

Класс точности трансформаторов напряжения характеризуется максимально допустимыми погрешностью напряжения и угловой погрешностью при определенном режиме работы трансформатора.

Трансформаторы напряжения сохраняют класс точности при изменении первичного напряжения от 80 до 120% номинального.

#### Конструкция

Сухие трансформаторы напряжения. Магнитопроводы собраны из пластин электротехнической стали марки Э320 или Э330. Для магнитопроводов трансформаторов типа НОС-0.5 применены цельноштампованные Ш-образные пластины, магнитопроводы остальных типов шихтуются из прямоугольных пластин.

Обмотки слоевые, намотанные обмоточным проводом на каркасах (гильзах) из электротехнического картона, пропитанные асфальтовым лаком.

Присоединение трансформатора к сети осуществляется на зажимах, расположенных на изолирующих контактных досках.

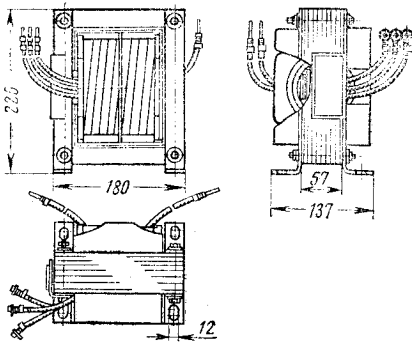


Рис. 28-132. Трансформатор напряжения НОСК-6-66.

Трансформатор напряжения типа НОСК-6-66 (рис. 28-132) предназначен только для комплектования высоковольтных распределительных устройств в угольных шахтах. При установке он заливается битумной массой и поэтому не имеет досок зажимов.

Концы обмоток этого трансформатора выведены свободными гибкими изолированными проводами.

**Масляные трансформаторы напряжения.** Магнитопроводы шихтованные, собраны из пластин электротехнической стали марки Э320 или Э330. Пластины изолированы лаковой пленкой.

Обмотки слоевые намотаны круглым или прямоугольным обмоточным проводом на каркасах (гильзах) из электротехнического картона. Обмотки ВН состоят из одной или двух катушек (секций) и имеют электростатические экраны для защиты от перенапряжений.

Блоки трансформаторов напряжения сварены из листовой стали. Форма баков — круглая, овальная или прямоугольная. Баки трансформаторов напряжения типов НОМ-6, НОМ-10 и НОМ-15 сварены из немагнитной стали ввиду того, что они предназначены для установки непосредственно на шинах проводов крупных генераторов и находятся в поле больших токов. Верхняя часть бака трансформатора напряжения типа НОМ-35 изготовлена из алюминиевого сплава.

Выводные концы обмоток большинства трансформаторов присоединены к проходным фарфоровым изоляторам (вводам), установленным на крышке бака. Вводы НН и заземленный конец Х обмотки ВН трансформаторов типов НОМ-6, НОМ-10, НОМ-15 установлены на боковой стенке бака (рис. 28-133—28-135). Вводные концы обмоток НН трансформаторов типов НОМ-35

и НОМ-35-66 выведены на доски зажимов, расположенные в коробках на боковых стенках бака, и закрыты козырьком.

Трансформаторы напряжения типов ЗНОМ-35-65 и НОМ-35-66 (рис. 28-136—28-137) имеют маслорасширители, установ-

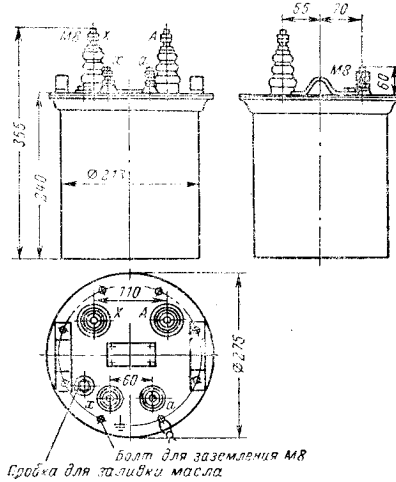


Рис. 28-133. Трансформатор напряжения НОМ-6.

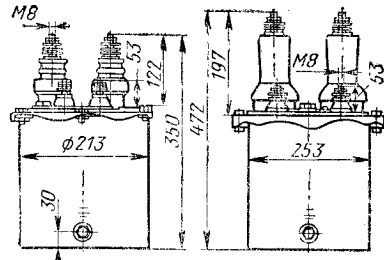


Рис. 28-134. Трансформатор напряжения НОМ-10.

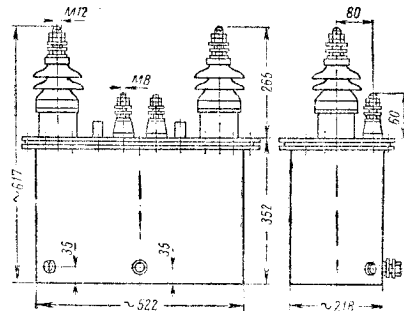


Рис. 28-135. Трансформатор напряжения НОМ-15.

ленные на вводах ВН. Эти трансформаторы герметические, т. е. «дыхания» не имеют.

У трансформаторов напряжения остальных типов маслорасширители отсутствуют, уровень масла в них находится ниже крышки на 20—30 мм.

Трехфазные трехстержневые трансформаторы напряжения НТМК-6 и НТМК-10 с компенсирующей обмоткой имеют соединение первичной обмотки в звезду. Такое соединение компенсирует угловую погреш-

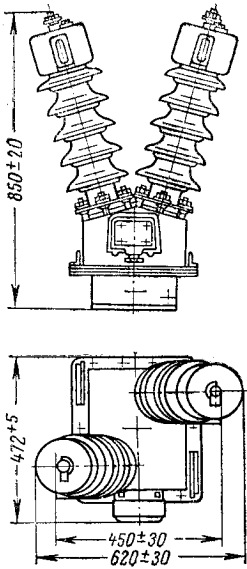


Рис. 28-136. Трансформатор напряжения НОМ-35-66.

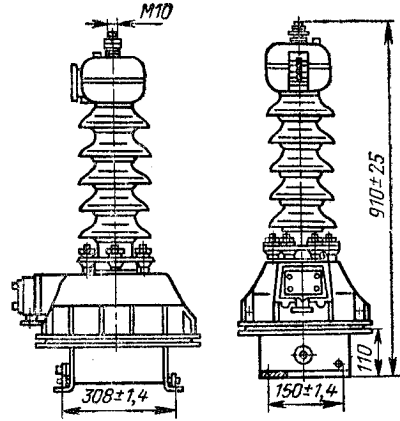


Рис. 28-137. Трансформатор напряжения ЗНОМ-35-65.

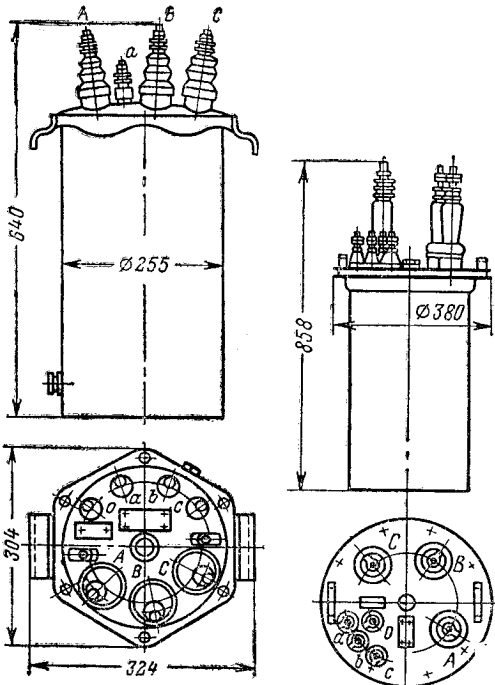


Рис. 28-138. Трансформатор напряжения НТМК-6-48.

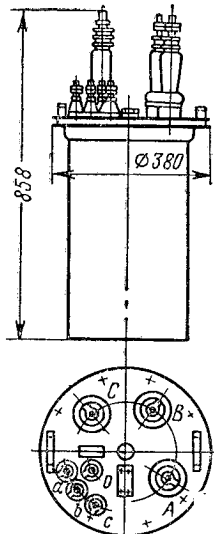


Рис. 28-139. Трансформатор напряжения НТМК-10.

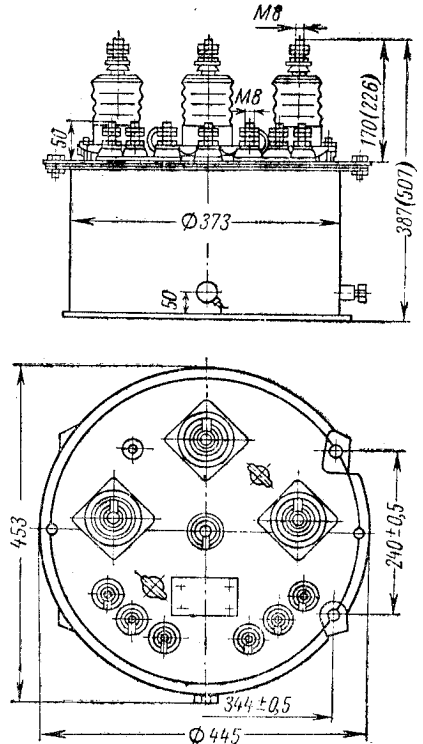


Рис. 28-140. Трансформатор напряжения НТМИ-6-60 (в скобках размеры для трансформатора напряжения НТМИ-10-68).

ность трансформатора и тем самым повышает его точность. Для контроля изоляции применяются трансформаторы напряжения НТМИ. НТМИ-6 дают возможность измерять междуфазное и фазное напряжения сети, осуществлять контроль за состоянием изоляции сети и отводить в землю статические заряды линий.

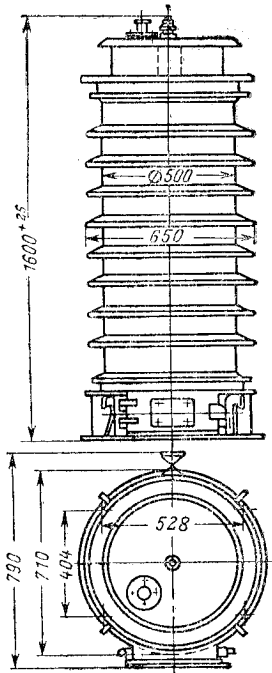


Рис. 28-141. Трансформатор напряжения НКФ-110-57.

Масляные каскадные трансформаторы напряжения состоят из одного (НКФ-110), двух (НКФ-220), трех (НКФ-330) или че-

## 28-8. РЕАКТОРЫ

Бетонные воздушные реакторы применяются на 6 и 10 кВ с медными (РБ для поставки на экспорт) и алюминиевыми обмотками (РБА), а на напряжение 35 кВ и выше применяются масляные реакторы: трехфазные РТМТ, однофазные РОДЦ и ТОРМ. Данного типа реакторы предназначены для ограничения тока к.з., а также для сохранения на шинах определенного уровня напряжения при к.з. Рекомендуемые способы установки бетонных реакторов (рис. 28-146): *а* — вертикально без верхних упоров, *б* — горизонтально, *в* — ступенчато. Наиболее рациональный по компоновке распределительных устройств способ установки реакторов — вертикальная установка трех фаз. В выпускаемой серии сдвоенных реакторов завод отказался от существовавшего ранее

тирех (НКФ-400 и НКФ-500) блоков (рис. 28-141 — 28-144).

Каждый блок состоит из стержневого магнитопровода с двумя обмоточными стержнями. Первичная обмотка (ВН) равномерно распределена по всем стержням магнитопроводов. Обе вторичные обмотки (НН) — основная и дополнительная расположены на нижнем стержне нижнего магнитопровода, имеющего наименьший потенциал по отношению к земле (один конец первичной обмотки заземляется).

На остальных стержнях размещены также промежуточно-выравнивающая (П) и связывающая (Р) — обмотки, необходимые для равномерного распределения нагрузки вторичных обмоток по всем стержням.

Магнитопроводы шихтованные, собраны из пластин электротехнической стали марки Э320 или Э330. Пластины изолированы лаковой пленкой.

Обмотки слоевые, намотаны круглым или прямоугольным обмоточным проводом на бакелитовых цилиндрах. Сначала намотана выравнивающая обмотка, затем первичная обмотка и на нее электростатический экран. Связующие обмотки и вторичные обмотки намотаны поверх электростатического экрана.

Каждый блок состоит из активной части (магнитопровода с обмотками), установленной на основании. На активную часть надета фарфоровая крышка, наполненная трансформаторным маслом и закрытая маслорасширителем.

Линейный конец *А* обмотки ВН находится на крышке верхнего маслорасширителя, а заземляемый конец *Х* и концы вторичных обмоток подведены к доске зажимов, расположенной в коробке внутри нижнего основания.

Электрическое соединение блоков между собой осуществляется перемычками, соединяющими вводы на крышке маслорасширителя нижнего блока и на дне верхнего блока.

способа установки с верхними упорами, который требует применения громоздких тяжелых установок для ликвидации люфтов при монтаже.

Сдвоенные реакторы отличаются от обычных бетонных наличием вывода от середины обмотки. Средний вывод рассчитан на двойной ток; обе ветви и крайние выводы выполняются на одинаковые номинальные токи и индуктивности  $L_{0,5}$ . Обычно потребители подсоединяют к крайним выводам, источник питания — к среднему.

### Заземляющие реакторы

Однофазные масляные заземляющие реакторы служат для компенсации токов на землю (дугогасящие катушки).



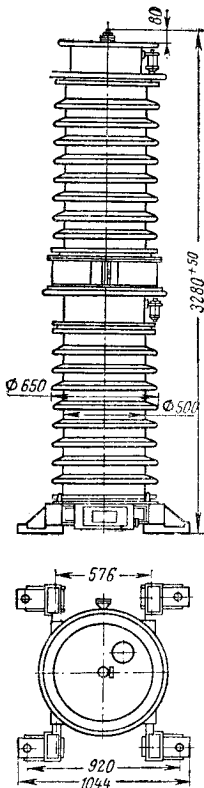


Рис. 28-142. Трансформатор напряжения НКФ-220-58.

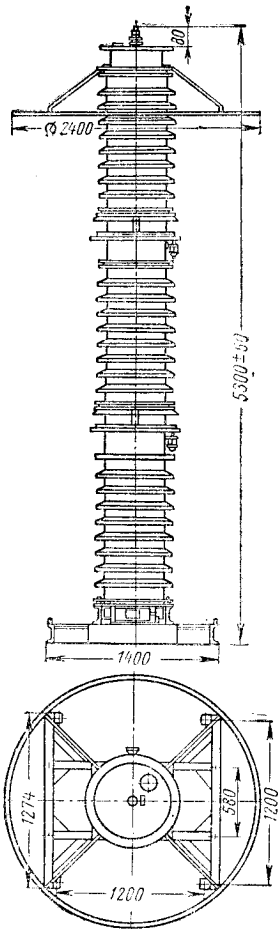


Рис. 28-143. Трансформатор напряжения НКФ-330.

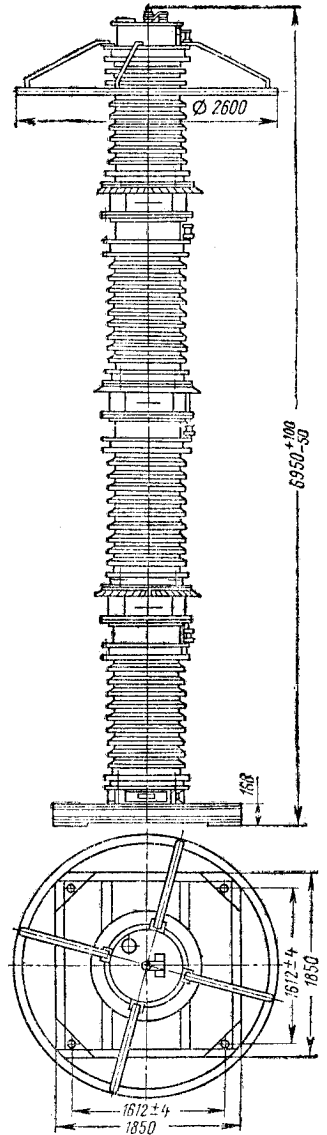


Рис. 28-144. Трансформатор напряжения НКФ-500.

Таблица 28-46

## Технические данные реакторов

Тип	Индуктивное сопротивление одной фазы, Ом	Номинальные потери на фазу		Номинальная проходящая мощность на три фазы, кВт. А	Динамическая устойчивость, в.А	Термическая устойчивость, к.А	Размеры, мм		Масса на одну фазу, кг	Цена одной фазы, руб.	Рекомендуемый свяжоб. установка (таб. 28-146)
		ΔP, кВт	ΔQ, квар				А	Д			
<i>Бетонные реакторы с алюминиевой обмоткой на 6 кВ</i>											
РБА6-300-3	0,35	1,47	—	3 120	23,5	19	855	970	410	—	Г
РБА6-300-4	0,47	2,05	—	3 120	18	15	945	985	450	—	
РБА6-300-5	0,57	2,7	—	3 120	14,5	12	945	915	380	—	
РБА6-300-6	0,69	3,11	—	3 120	12,2	10	1 035	960	420	—	
РБА6-400-3	0,26	1,7	42	4 160	30,5	25	800	1 075	520	270	
РБА6-400-4	0,35	2,0	55	4 160	23,5	19	800	880	480	275	
РБА6-400-5	0,44	3,07	—	4 160	19,1	16	945	955	380	—	
РБА6-400-6	0,53	3,62	—	4 160	16,1	12,5	1 035	985	430	—	
РБА6-400-8	0,69	4,14	—	4 160	12,2	10	945	985	410	—	
РБА6-400-10	0,88	5,87	—	4 160	9,8	8	1 035	990	460	—	
РБА6-600-3	0,173	2,2	—	6 240	43,8	35	1 035	1 155	600	—	
РБА6-600-4	0,23	2,8	83,0	6 240	34	27	980	1 010	470	300	
РБА6-600-5	0,29	3,97	—	6 240	27,5	22	1 080	1 105	490	—	
РБА6-600-6	0,35	4,6	125	6 240	23,5	19	1 070	1 105	490	320	
РБА6-600-8	0,42	5,43	—	6 240	18	15	1 035	1 160	590	—	
РБА6-600-10	0,56	6,54	—	6 240	14,5	12	1 215	1 175	640	—	
РБА6-750-3	0,14	2,4	—	7 790	53	22	1 125	1 180	750	—	
РБА6-750-4	0,185	3,2	—	7 790	41,5	33	1 125	1 010	670	—	
РБА6-750-5	0,23	4,5	—	7 790	34	27	1 125	1 105	580	—	
РБА6-750-6	0,28	5,1	—	7 790	28,9	23	1 125	1 195	520	—	
РБА6-750-8	0,38	5,7	—	7 790	22,2	18	945	1 160	550	420	
РБА6-750-10	0,46	5,9	—	7 790	18	15	945	1 265	670	—	
РБА6-1000-4	0,14	4,4	139	10 390	53,0	42	1 160	980	670	360	
РБА6-1000-5	5,0	5,1	—	10 390	43,8	36	1 250	1 080	600	—	
РБА6-1000-6	0,21	5,9	208	10 390	37,5	30	1 160	1 180	650	380	
РБА6-1000-8	0,28	8,3	277	10 390	29	23	1 160	1 210	790	425	
РБА6-1000-10	0,35	8,3	346	10 390	23,5	19	1 160	1 330	850	470	
РБА6-1500-6	0,14	7,0	310	15 570	53,0	42	890	1 335	1 050	445	
РБА6-1500-8	0,19	8,7	416	15 570	41,5	33	890	1 235	870	465	
РБА6-1500-10	0,23	9,4	520	15 570	34,0	27,0	890	1 350	1 100	520	
РБА6-2000-8	0,14	11,3	552	20 760	53	42	1 070	1 235	1 120	540	
РБА6-2000-10	0,17	12,9	692	20 760	44,0	35	1 070	1 330	1 010	585	
РБА6-2000-12	0,21	13,5	832	20 760	37,5	30	1 070	1 440	1 200	625	
РБА6-2500-12	0,17	18,0	1 045	2 600	45,5	36	1 250	1 290	1 300	740	
РБА6-3000-12	0,14	18,1	1 242	31 140	53,0	42,0	1 160	1 480	1 450	755	
РБА6-4000-12	0,1	22	1 664	41 520	67	53	1 070	1 565	1 690	860	

*Реакторы с алюминиевой обмоткой на 10 кВ*

РБА10-400-3	0,43	2,3	69,0	6 930	30,5	25	920	1 165	810	320	Г
РБА10-400-4	0,53	3,9	93	6 930	23,5	19	1 280	1 105	750	335	
РБА10-400-5	0,72	4,31	—	6 930	19,1	16	1 065	1 080	530	—	
РБА10-400-6	0,87	4,85	—	6 930	16,1	13	1 065	985	460	—	
РБА10-400-8	1,15	5,72	—	6 930	12,2	10	1 065	1 105	490	—	
РБА10-400-10	1,44	5,0	—	6 930	9,9	10	1 065	1 295	760	—	
РБА10-600-3	0,29	3,22	—	10 400	43,8	35	1 200	1 105	820	—	
РБА10-600-4	0,39	4,4	139	10 400	34	27	1 190	1 075	700	335	
РБА10-600-5	0,48	5,0	—	10 400	27,5	22	1 335	1 090	690	—	
РБА10-600-6	0,53	6,5	208,0	10 400	23,5	19	1 100	1 190	730	370	
РБА10-750-4	0,31	5,6	—	12 950	41,5	33	1 380	1 175	830	—	
РБА10-750-5	0,39	5,93	—	12 950	34	27	1 245	1 325	830	—	
РБА10-750-6	0,46	6,75	—	12 950	28,9	23	1 200	1 245	720	—	
РБА10-750-8	0,615	9,1	—	12 950	22,2	18	1 290	1 325	740	—	
РБА10-750-10	0,77	9,6	—	12 950	18	15	1 245	1 230	910	—	
РБА10-1000-4	0,23	4,6	231	17 300	53,0	42	1 190	1 300	1 300	560	
РБА10-1000-6	0,35	7,4	346	17 300	37,5	30	1 190	1 305	1 060	570	
РБА10-1000-8	0,47	10,2	463	17 300	29	23	1 190	1 315	1 120	575	
РБА10-1000-10	0,58	11,5	578	17 300	23,5	19	1 190	1 440	1 130	600	
РБА10-1500-6	0,23	10,5	520	25 950	53	42	1 190	1 205	1 340	565	
РБА10-1500-8	0,31	12,6	693	25 950	41,5	33	1 190	1 335	1 360	605	
РБА10-1500-10	0,39	15,0	866	25 950	34	27	1 360	1 310	1 240	650	
РБА10-2000-8	0,23	14,3	924	34 600	53,0	42	1 190	1 480	1 550	680	

Продолжение табл. 28-46

Тип	Индуктивное сопротивление одной фазы, Ом	Номинальные потери на фазу		Номинальная проходящая мощность на три фазы, кВт, А	Динамическая устойчивость, кА	Термическая устойчивость, кА	Размеры, мм		Масса на одну фазу, кг	Цена одной фазы, руб.	Рекомендуемый способ установки (рис. 28-14б)
		$\Delta P$ , кВт	$\Delta Q$ , квар				А	Д			
РБА10-2000-10	0,29	16,9	1 156	34 600	44	35	1 100	1 475	1 360	730	Г
РБА10-2000-12	0,35	18,9	1 384	34 600	37,5	30	1 100	1 475	1 570	810	
РБА10-2500-12	0,28	22,9	1 740	43 300	45,5	36	1 280	1 515	1 650	950	
РБА10-3000-12	0,23	25,7	2 079	51 900	53	42	1 190	1 595	1 930	1 020	
РБА10-4000-12	0,17	29,7	2 768	69 200	67	53	1 190	1 750	2 050	1 200	

Реакторы с малыми потерями серии РБАМ

РБАМ6-200-6	1,04	1,76	—	2 080	8,2	7	945	1 070	580	—	В, Г
РБАМ6-200-8	1,38	1,52	—	2 080	6,2	5	1 035	1 035	680	—	
РБАМ6-200-10	1,73	1,74	—	2 080	5	4	1 035	1 130	690	—	
РБАМ6-300-3	0,35	1,1	—	3 120	23,5	19	855	970	560	—	
РБАМ6-300-4	0,47	1,52	—	3 120	18	15	945	985	690	—	
РБАМ6-300-6	0,69	2,34	—	3 120	12,2	10	1 035	900	670	—	
РБАМ6-300-8	0,94	2,75	—	3 120	9,2	8	945	1 025	690	—	
РБАМ6-300-10	1,16	3,1	—	3 120	7,4	6	1 035	1 105	690	—	
РБАМ6-400-3	0,26	1,4	42	4 160	30,5	25	1 070	1 165	710	305	
РБАМ6-400-4	0,35	1,6	55	4 160	23,5	19	890	1 160	560	330	
РБАМ6-400-6	0,52	2,7	—	4 160	16,1	16,5	1 025	955	480	—	
РБАМ6-600-4	0,23	2,1	83	6 240	34,0	27	980	1 080	—	335	
РБАМ6-600-6	0,35	3,5	125,0	6 240	23,5	19	1 070	1 175	740	460	
РБАМ6-1000-4	0,14	2,7	139,0	10 390	53,0	42	1 070	1 235	1 080	500	
РБАМ6-1000-6	0,21	4,5	208,0	10 390	37,5	30	1 160	1 250	860	515	Г
РБАМ6-1000-8	0,28	5,1	277,0	10 390	29	23	1 160	1 280	890	550	
РБАМ6-1000-10	0,35	5,7	346,0	10 390	23,5	19	1 160	1 375	1 060	600	
РБАМ6-1500-6	0,14	6,1	310	15 570	53,0	42	1 070	1 235	1 080	535	
РБАМ6-1500-8	0,19	7,1	416	15 570	41,5	33	1 070	1 370	1 130	600	
РБАМ6-1500-10	0,23	7,7	520	15 700	39	27	1 070	1 480	1 250	680	
РБАМ6-2000-8	0,14	8,4	552	20 760	53,0	42	1 160	1 480	1 470	780	
РБАМ6-2000-10	0,17	9,7	692	20 760	44	35	1 160	1 520	1 720	850	
РБАМ6-2000-12	0,207	10,5	—	20 760	37,4	149	1 250	1 630	1 800	—	
РБАМ10-200-4	1,16	1,42	—	3 460	12,2	10	1 065	1 025	600	—	
РБАМ10-200-6	1,73	1,76	—	3 460	8,2	7	1 065	1 130	700	—	
РБАМ10-200-8	2,3	2,14	—	3 460	6,2	5	1 155	1 175	750	—	
РБАМ10-200-10	2,9	2,4	—	3 460	5	5	1 065	1 320	890	—	
РБАМ10-300-4	0,77	2,1	—	5 200	18	15	1 065	940	680	—	
РБАМ10-300-5	0,96	2,3	—	5 200	14,5	25	955	1 120	610	—	
РБАМ10-300-8	1,54	3,0	—	5 200	9,24	25	965	1 260	710	—	
РБАМ10-400-3	0,43	1,8	69	6 930	30,5	25	1 100	1 210	705	400	
РБАМ10-400-4	0,58	2,1	93	6 930	23,5	19	1 100	1 380	720	410	
РБАМ10-400-6	0,866	3,65	—	6 930	16,1	13	1 065	985	740	—	
РБАМ10-400-8	1,15	4,3	—	6 930	12,2	10	1 065	1 105	780	—	
РБАМ10-600-4	0,39	3,1	139	10 400	34,0	27	1 190	1 145	930	435	
РБАМ10-600-6	0,58	4,0	208,0	10 400	23,5	19	1 100	1 260	980	510	
РБАМ10-600-10	0,96	5,3	—	10 400	14,5	52	1 145	1 520	1 120	—	
РБАМ10-1000-4	0,23	4,6	231	17 300	53,0	42	1 190	1 300	1 300	560	
РБАМ10-1000-6	0,35	5,7	346	17 300	37,5	30	1 190	1 375	1 320	620	
РБАМ10-1000-8	0,47	7,1	468,0	17 300	29	23	1 190	1 385	1 390	700	
РБАМ10-1000-10	0,58	8,2	578	17 300	23,5	19	1 190	1 510	1 410	775	
РБАМ10-1500-6	0,23	7,9	520	25 950	53,0	42	1 100	1 480	1 590	700	
РБАМ10-1500-8	0,31	10,1	693,0	25 950	41,5	33	1 100	1 480	1 900	770	
РБАМ10-1500-10	0,39	11,8	866	25 950	34,0	27	1 100	1 535	1 810	860	
РБАМ10-2000-8	0,23	11,3	924	34 600	53,0	42	1 190	1 690	2 450	870	
РБАМ10-2000-10	0,29	12,5	1 156	34 600	44	35	1 190	1 720	2 560	960	

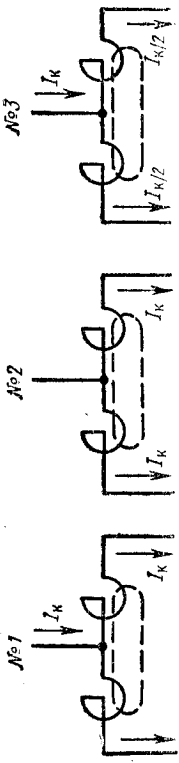
Примечания: 1. В маркировке: первая цифра — напряжение, кВ, вторая — номинальный ток, А, третья — относительная реактивность, %.  
2. Проходящей мощностью  $S_{\Pi}$  называется мощность, которая проходит через реактор при

нормальном режиме. Для одной фазы она равна:

$$S_{\Pi} = \frac{I_{\Pi} U_{\Pi}}{\sqrt{3} 1000} \text{ кВ}\cdot\text{А,}$$

Таблица 28-47

Реакторы сдвоенные с алюминиевой обмоткой



Тип реактора	Индуктивность, мГ			Индуктивное сопротивление, Ом			Коэффициент связи k	Реактивная мощность	Фазы Q, квар	Потери мощности одной фазы P, кВт	Прокладная мощность трансформатора S, кв.А	Температурная устойчивость режима № 1 (прим. 3)	Длина секции № 1 востр. режима № 1 (прим. 1, 2)	Длина секции № 3, кв.А востр. режима № 3, кв.А (прим. 1, 3)	Наружный диаметр по бетону, мм	Высота одной фазы, мм	Число параллельных ветвей и сечение проводов	Общая масса одной фазы, кг	Рекомендуемый способ установки (рис. 28-14б)	Наименьшее расстояние между осями при горизонтальной установке, мм	Длина между стандартными расстояниями между осями, мм	Цена, руб.		
	Одной ветви при отсуствии тока в другой ветви L <sub>0,5</sub>	Одной ветви в нормальном режиме L <sub>0,5н</sub>	Всего реактора при равных и одинаково направленных токах x	Одной ветви при отсуствии тока в другой ветви L <sub>0,5</sub>	Одной ветви в нормальном режиме L <sub>0,5н</sub>	Всего реактора при равных и одинаково направленных токах x																		
РБАС-6-2×600-4 РБАС-6-2×600-6	0,74 1,1	0,4 0,59	2,16 3,21	0,23 0,346	0,126 0,187	0,68 1,01	0,46 0,46	91 135	6,3 8,6	6,3 8,6	12470 12470	27 19	34 23,5	16,4 12,7	1,410 1,360	1,070 1,070	2×185 2×185	1,130 1,160	В, Г	1,950 1,850	2,070 1,960	440 480		
	РБАС-6-2×1000-4 РБАС-6-2×1000-6 РБАС-6-2×1000-8 РБАС-6-2×1000-10	0,44 0,66 0,88 1,1	0,207 0,37 0,475 0,583	1,35 1,9 2,57 3,23	0,138 0,21 0,276 0,346	0,065 0,116 0,149 0,183	0,42 0,6 0,81 1,02	0,53 0,44 0,46 0,47	130 232 298 366	8,5 11,1 13,2 14,8	8,5 11,1 13,2 14,8	20780 20780 20780 20780	42 30 23 19	53 37,5 29 23,5	18,7 13,3 13,9 10,9	1,395 1,275 1,345 1,400	890 1,070 1,070 1,070	—	1,150 1,090 1,210	В, Г	1,900 2,000 1,950 1,900	2,020 2,120 2,070 2,020	490 540 590 640	
РБАС-6-2×1500-6 РБАС-6-2×1500-8 РБАС-6-2×1500-10 РБАС-6-2×1500-12 РБАС-6-2×1500-15		0,44 0,44 0,59 0,59 0,74 0,74	0,189 0,189 0,236 0,236 0,288 0,288	1,38 1,38 1,89 1,89 2,38 2,38	0,138 0,138 0,185 0,185 0,23 0,23	0,06 0,06 0,074 0,074 0,0905 0,0905	0,44 0,44 0,59 0,59 0,75 0,75	0,57 0,57 0,6 0,6 0,61 0,61	270 270 333 333 408 408	15,5 15,5 18,4 18,4 20,7 20,7	15,5 15,5 18,4 18,4 20,7 20,7	31180 31180 31180 31180 31180 31180	42 42 33 33 27 27	53 53 41,5 41,5 34 34	18,7 18,7 18,3 18,3 16,9 16,9	1,535 1,565 1,720 1,720 1,875 1,875	890 945 890 890 890 900	—	1,620 1,380 1,790 1,560 1,600 1,630	В, Г В, Г В, Г В, Г В, Г	2,200 2,200 2,100 2,100 2,100 2,100	2340 — 2230 — 2230 —	660 660 800 800 900 900	
		РБАС-6-2×2000-8 РБАС-6-2×2000-8* РБАС-6-2×2000-10 РБАС-6-2×2000-10* РБАС-6-2×2000-12	0,44 0,44 0,55 0,55 0,66	0,22 0,22 0,26 0,26 0,297	1,32 1,32 1,68 1,68 2,05	0,138 0,138 0,173 0,173 0,21	0,069 0,069 0,081 0,081 0,093	0,42 0,42 0,53 0,53 0,64	0,5 0,5 0,53 0,53 0,55	552 552 649 649 745	21,8 21,8 25,2 25,2 28,9	21,8 21,8 25,2 25,2 28,9	41570 41570 41570 41570 41570	42 42 35 35 30	53 53 44 44 37,5	21 21 18,9 18,9 19,3	1,565 1,565 1,720 1,720 1,850	1,070 1,25 1,070 1,25 1,070	4×320	1,740 1,740 1,900 1,830 2,140	Г Г В, Г В, Г В, Г	2,300 2,300 2,300 2,300 2,100	— — 2440 — 2230	875 875 970 970 1,100
			РБАС-6-2×2500-10 РБАС-6-2×2500-10* РБАС-6-2×2500-12 РБАС-6-2×2500-12* РБАС-6-2×2500-15	0,44 0,44 0,53 0,53 0,66	0,23 0,23 0,27 0,27 0,35	1,3 1,3 1,58 1,58 1,94	0,138 0,138 0,167 0,167 0,21	0,073 0,073 0,085 0,085 0,11	0,41 0,41 0,5 0,5 0,61	0,47 0,47 0,49 0,49 0,47	913 913 1060 1060 1375	28,2 28,2 31,4 31,4 40,8	28,2 28,2 31,4 31,4 40,8	51960 51960 51960 51960 51960	42 42 36 36 30	53 53 45,5 45,5 37,5	23,8 23,8 22 22 20,5	1,760 1,760 1,900 1,900 1,750	1,250 1,305 1,250 1,305 1,250	5×320	2,450 2,160 2,250 2,250 2,690	Г Г Г Г Г	2,450 2,450 2,400 2,400 2,280	1,120 1,120 1,240 1,240 1,400

Продолжение табл. 26-47

Тип реактора	Индуктивность, мГн		Индуктивное сопротивление, Ом			Коэффициент связи k	Реактивная мощность фазы Q, квар	Потери мощности одной фазы P, кВт	S, кВ·А	Режимная устойчивость реактора № 1 (прим. 3)	Динамическая устойчивость в режиме № 1 (прим. 2)	Динамическая устойчивость в режиме № 2 (прим. 1, 2)	Линейная устойчивость реактора № 3, кА (прим. 1, 3)	Плавный диаметр по бетону, мм	Высота одной фазы, мм	Число параллельных ветвей и сечение проводов, мм <sup>2</sup>	Общая масса, одной фазы, кг	Угол наклона (рис. 28-14б)	Наименьшее расстояние между установочными площадками, мм	Максимальное расстояние между осями	Цена, руб.
	одной ветви при отсутствии тока в дду-реакторе	одной ветви в корпусе L <sub>0,5</sub>	при равных и противоположных направлениях тока	в нормальном режиме X <sub>0,5н</sub>	в другой ветви X <sub>0,5</sub>																
РБАС-6-2×3000-12	0,44	0,25	0,138	0,082	0,33	0,41	38,4	62 255	32	53	24,2	24,2	24	1 655	1 475	6×320	2 530	Г	2 400	2 400	1 360
РБАС-6-2×3000-12*	0,44	0,25	0,138	0,082	0,33	0,41	38,4	62 350	42	51	24,2	24,2	24	1 685	1 485/1 440	6×320	2 530	Г	2 400	2 400	1 360
РБАС-6-2×3000-15	0,55	0,31	0,173	0,097	0,5	0,54	78,0	82 350	35	41	24	24	24	1 835	1 430	6×320	2 990	Г	2 100	2 100	1 600
РБАС-10-2×6000-4	1,23	0,64	0,39	0,201	1,44	0,48	145	20 780	27	34	14,8	14,8	14,8	1 520	1 100	2×320	1 620	В, Г	2 200	2 340	600
РБАС-10-2×6000-6	1,84	0,9	0,58	0,283	1,75	0,51	204	20 780	19	23,5	10,3	10,3	10,3	1 600	1 100	2×320	1 750	В, Г	2 250	2 400	890
РБАС-10-2×1000-4	0,74	0,32	0,23	0,1	0,73	0,47	200	31 600	42	53	16,6	16,6	16,6	1 625	920	2×320	1 690	В, Г	2 950	2 400	650
РБАС-10-2×1000-6	1,1	0,58	0,35	0,183	0,97	0,47	305	31 600	20	37,5	12,1	12,1	12,1	1 415	1 100	2×320	1 600	В, Г	2 850	2 500	670
РБАС-10-2×1000-8	1,49	0,6	0,47	0,23	1,5	0,6	374	34 600	23	29	12	12	12	1 760	920	2×320	1 690	В, Г	2 400	2 650	800
РБАС-10-2×1000-10	1,84	0,9	0,58	0,283	1,75	0,51	565	34 600	19	21,5	10,3	10,3	10,3	1 600	2 200	2×320	1 810	В, Г	2 250	2 400	860
РБАС-10-2×1500-6	0,74	0,28	0,23	0,089	0,75	0,62	300	51 930	42	53	19,6	19,6	19,6	1 860	920	3×320	2 330	В, Г	2 400	2 550	950
РБАС-10-2×1500-6*	0,74	0,28	0,23	0,089	0,75	0,62	400	51 930	42	53	19,6	19,6	19,6	1 860	930	3×320	1 960	В, Г	2 400	2 550	950
РБАС-10-2×1500-8	0,98	0,36	0,31	0,114	1,0	0,63	514	51 960	33	41,5	16,3	16,3	16,3	1 895	920	3×320	2 500	В, Г	2 750	2 920	1 030
РБАС-10-2×1500-8*	0,98	0,36	0,31	0,114	1,0	0,63	514	51 960	32	41,5	16,3	16,3	16,3	1 895	930	3×320	1 890	В, Г	2 750	2 920	1 030
РБАС-10-2×1500-10	1,23	0,73	0,46	0,23	1,03	0,41	1 040	51 960	27	34	13	13	13	1 660	1 460	3×320	2 010	В, Г	2 700	2 700	1 130
РБАС-10-2×1500-10*	1,23	0,73	0,46	0,23	1,03	0,41	1 040	51 960	27	34	13	13	13	1 660	1 515/1 470	3×320	2 010	В, Г	2 550	2 700	1 130
РБАС-10-2×2000-8	0,74	0,33	0,23	0,105	0,72	0,52	840	69 300	42	53	18,8	18,8	18,8	1 900	1 100	4×320	2 500	Г	—	—	1 165
РБАС-10-2×2000-8*	0,74	0,33	0,23	0,105	0,72	0,55	840	69 300	42	53	18,8	18,8	18,8	1 900	1 100	4×320	2 500	Г	—	—	1 165
РБАС-10-2×2000-10	0,92	0,39	0,29	0,121	0,91	0,58	970	69 300	35	44	18,3	18,3	18,3	2 125	1 100	4×320	2 890	Г	—	—	1 350
РБАС-10-2×2000-10*	0,92	0,39	0,29	0,121	0,91	0,58	970	69 300	35	44	18,3	18,3	18,3	2 125	1 100	4×320	2 890	Г	—	—	1 350
РБАС-10-2×2000-12	1,1	0,47	0,35	0,149	1,09	0,57	1 190	69 300	30	37,5	17,4	17,4	17,4	2 015	1 100	4×320	2 860	Г	—	—	1 460
РБАС-10-2×2500-10	0,78	0,34	0,23	0,103	0,7	0,53	1 350	86 500	42	53	20,9	20,9	20,9	2 229	1 280	5×320	3 690	Г	—	—	1 550
РБАС-10-2×2500-12	0,88	0,41	0,27	0,127	0,85	0,54	1 590	86 500	40	46,5	19,9	19,9	19,9	2 395	1 280	5×320	3 690	Г	—	—	1 550
РБАС-10-2×2500-15	1,1	0,52	0,35	0,163	1,03	0,53	2 040	86 500	30	37,5	19,8	19,8	19,8	2 110	1 280	5×320	3 700	Г	—	—	1 850
РБАС-10-2×3000-12	0,74	0,29	0,23	0,123	0,68	0,47	2 220	101 000	42	53	23	23	23	2 055	1 400	6×320	3 500	Г	—	—	1 900
РБАС-10-2×3000-12*	0,74	0,29	0,23	0,123	0,68	0,47	2 220	101 000	42	53	23	23	23	2 055	1 400	6×320	3 500	Г	—	—	1 900
РБАС-10-2×3000-15	0,92	0,47	0,29	0,148	0,86	0,49	2 670	101 000	35	44	21,2	21,2	21,2	2 250	1 400	6×320	3 680	Г	—	—	2 100
РБАСМ-6-2×600-4	0,74	0,42	0,23	0,133	0,67	0,43	95	12 470	27	34	14,1	14,1	14,1	1 260	1 070	2×320	1 050	В, Г	1 900	2 020	540
РБАСМ-6-2×600-6	1,1	0,61	0,36	0,19	1	0,45	140	12 470	19	23,5	11,2	11,2	11,2	1 360	1 070	2×320	1 280	В, Г	1 800	1 910	600
РБАСМ-6-2×1000-4	0,44	0,19	0,138	0,059	0,43	0,57	120	50 750	42	53	18,8	18,8	18,8	1 525	890	3×320	1 620	В, Г	2 130	2 280	680
РБАСМ-6-2×1000-6	0,66	0,26	0,21	0,081	0,67	0,61	160	50 780	25	37,5	18,1	18,1	18,1	1 760	890	3×320	1 650	В, Г	2 300	2 340	820
РБАСМ-6-2×1000-8	0,88	0,33	0,276	0,105	0,9	0,62	210	50 780	23	29	17,3	17,3	17,3	1 840	890	3×320	1 660	В, Г	2 200	2 240	970
РБАСМ-6-2×1000-10	1,1	0,65	0,345	0,21	0,97	0,4	420	50 780	19	23,5	14,3	14,3	14,3	1 580	1 430	3×320	1 930	В, Г	2 000	2 120	1 070

Реакторы сдвоенные с квал. ми. потерями

РБАСМ-6-2×1500-6	0,44	0,26	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	370	10,1	20 780	42	53	24,2	1 670	1 475	6×320	2 500	B, Γ	2 400	2 550	1 300
РБАСМ-6-2×1500-6*	0,44	0,29	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	370	10,1	20 780	42	53	24,2	1 670	1 485/1 440	6×320	2 500	B, Γ	2 400	2 550	1 300
РБАСМ-6-2×1500-8	0,59	0,3	1,77	0,185	0,093	0,56	0,5	420	12	31 180	33	41,5	21,2	1 985	1 260	6×320	2 250	Γ	2 400	2 660	1 350
РБАСМ-6-2×1500-8*	0,59	0,35	1,77	0,185	0,093	0,56	0,5	420	12	31 180	33	41,5	21,2	1 985	1 305/1 206	6×320	2 250	Γ	2 500	2 800	1 350
РБАСМ-6-2×1500-10	0,74	0,35	2,26	0,23	0,109	0,71	0,53	490	13,9	31 180	27	34	20,8	2 220	1 250	5×320	2 690	B, Γ	2 650	2 800	1 530
РБАСМ-6-2×1500-10*	0,74	0,35	2,26	0,23	0,109	0,71	0,53	490	13,9	31 180	27	34	20,8	2 220	—	5×320	2 690	Γ	—	1 800	1 530
РБАСМ-6-2×2000-8	0,44	0,26	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	660	17,2	41 570	42	53	24,2	1 670	1 480	6×320	2 500	Γ	—	—	—
РБАСМ-6-2×2000-8*	0,44	0,26	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	660	17,2	41 570	42	53	24,2	1 670	1 440	6×320	2 500	Γ	2 400	—	—
РБАСМ-6-2×2000-10	0,55	0,31	1,59	0,173	0,097	0,5	0,44	780	19,6	41 570	35	44	23,8	1 840	1 430	6×320	2 980	Γ	2 100	—	—
РБАСМ-6-2×2000-10*	0,55	0,31	1,59	0,173	0,097	0,5	0,44	780	19,6	41 570	35	44	23,8	1 840	1 485/1 440	6×320	2 980	Γ	2 100	—	—
РБАСМ-6-2×2000-12	0,66	0,35	1,94	0,21	0,109	0,61	0,47	870	26,3	41 570	37,5	20,5	12	1 750	1 250	5×320	2 590	B, Γ	2 280	2 400	—
РБАСМ-6-2×2500-10	0,44	0,26	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	1 020	26,7	51 960	42	53	24,2	1 665	1 475	6×320	2 530	Γ	2 400	—	400
РБАСМ-6-2×2500-10*	0,44	0,26	1,24	0,138	0,082	0,39	0,41	1 020	26,7	51 960	42	53	24,2	1 665	1 485/1 440	6×320	2 530	Γ	2 400	—	400
РБАСМ-6-2×2500-12	0,53	0,3	1,52	0,167	0,095	0,48	0,43	1 190	29,8	51 960	36	45,5	24,3	1 800	1 430	6×320	2 950	Γ	2 300	—	400
РБАСМ-6-2×2500-12*	0,53	0,3	1,52	0,167	0,095	0,48	0,43	1 190	29,8	51 960	36	45,5	24,3	1 800	1 485/1 440	6×320	2 950	Γ	2 300	—	400
РБАСМ-6-2×2500-15	0,66	0,39	1,86	0,21	0,122	0,59	0,41	1 520	34	51 960	30,0	37,5	22,6	1 960	1 430	6×320	3 100	Γ	2 440	—	730
РБАСМ-6-2×2500-4	1,23	0,63	3,67	0,39	0,197	1,15	0,49	1 40	5,8	20 780	27	34	11,6	1 525	1 100	2×320	1 360	B, Γ	2 350	2 500	720
РБАСМ-10-2×600-6	1,84	0,9	5,56	0,58	0,28	1,75	0,51	200	7,9	20 780	19	23,5	10,3	1 600	1 100	2×320	1 700	B, Γ	2 250	2 400	870
РБАСМ-10-2×1000-1	0,74	0,28	2,4	0,23	0,089	0,75	0,62	180	9	34 640	42	53	19,8	1 860	920	3×320	2 590	B, Γ	2 650	2 800	915
РБАСМ-10-2×1000-8	1,1	0,66	3,1	0,346	0,21	0,97	0,4	420	12,2	34 640	30	37,5	13,3	1 590	1 460	3×320	1 920	B, Γ	3 060	3 180	1 100
РБАСМ-10-2×1000-8*	1,49	0,85	4,26	0,47	0,27	1,34	0,43	540	14,2	34 640	23	29	13,5	1 780	1 460	3×320	2 330	B, Γ	2 500	2 650	1 260
РБАСМ-10-2×1000-10	1,84	1,61	5,34	0,58	0,32	1,68	0,45	640	16,2	34 640	19	23,5	13,4	1 970	1 460	3×320	2 690	B, Γ	2 500	2 650	1 450
РБАСМ-10-2×1500-6	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	550	12,9	51 960	42	53	23	2 050	1 460	6×320	3 490	B, Γ	3 050	3 240	1 750
РБАСМ-10-2×1500-6*	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	550	12,9	51 960	42	53	23	2 050	—	6×320	3 490	Γ	2 800	—	—
РБАСМ-10-2×1500-8	0,98	0,47	2,98	0,31	0,148	0,94	0,52	670	18,6	51 960	33	41,5	19	2 025	1 280	5×320	3 380	B, Γ	2 800	—	1 800
РБАСМ-10-2×1500-8*	0,98	0,47	2,98	0,31	0,148	0,94	0,52	670	18,6	51 960	33	41,5	19	2 025	—	5×320	3 380	Γ	—	—	1 800
РБАСМ-10-2×1500-10	1,23	0,57	3,8	0,39	0,178	1,19	0,54	800	20,9	51 960	27	34	18,8	2 200	1 280	5×320	3 808	B, Γ	2 750	—	1 970
РБАСМ-10-2×1500-10*	1,23	0,57	3,8	0,39	0,178	1,19	0,54	800	20,9	51 960	27	34	18,8	2 200	—	5×320	3 800	Γ	—	—	1 970
РБАСМ-10-2×2000-8	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	980	22,9	69 300	42	53	23	2 050	1 460	6×320	3 450	Γ	2 800	—	—
РБАСМ-10-2×2000-8*	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	980	22,9	69 300	42	53	23	2 050	—	6×320	3 450	Γ	2 970	—	—
РБАСМ-10-2×2000-10	0,92	0,46	2,78	0,29	0,142	0,87	0,51	1 140	31,8	69 300	35	44	19,6	1 970	1 280	5×320	3 330	Γ	2 800	—	—
РБАСМ-10-2×2000-10*	0,92	0,46	2,78	0,29	0,142	0,87	0,51	1 140	31,8	69 300	35	44	19,6	1 970	—	5×320	3 330	Γ	—	—	—
РБАСМ-10-2×2000-12	1,1	0,52	3,36	0,346	0,163	1,06	0,53	1 310	34,9	69 300	30	37,5	19,4	2 120	1 280	5×320	3 630	Γ	2 740	—	—
РБАСМ-10-2×2500-10	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	1 540	35,8	86 500	42	53	23	2 050	1 460	6×320	3 500	Γ	2 900	—	—
РБАСМ-10-2×2500-10*	0,74	0,39	2,18	0,23	0,123	0,68	0,47	1 540	35,8	86 500	42	53	23	2 050	—	6×320	3 500	Γ	3 080	—	1 870
РБАСМ-10-2×2500-12	0,88	0,45	2,62	0,276	0,141	0,82	0,49	1 760	39,6	86 500	36	45,5	21,5	2 205	1 460	6×320	3 650	Γ	2 940	—	3 080
РБАСМ-10-2×2500-12*	0,88	0,45	2,62	0,276	0,141	0,82	0,49	1 760	39,6	86 500	36	45,5	21,5	2 205	—	6×320	3 650	Γ	—	—	3 120
РБАСМ-10-2×2500-15	1,1	0,54	3,32	0,346	0,17	1,04	0,51	2 120	46	86 500	30	37,5	21,3	2 455	1 470	6×320	4 150	Γ	3 000	—	2 330

\* Сняты с производства.

Примечания: 1. Три режима к. з. двохенных реакторов (условно принято отсутствие подпитки, т. е. режим при одинаковых токах).

2. Различным способом установки соответствуют различные значения динамической устойчивости.

3. Значения показателей термической устойчивости для различных режимов к. з. меняются позначительно (в пределах ±5%) и не приводятся. Термическая

устойчивость обеспечивается протеканием установленного тока к. з. от системы бесконечной мощности ее менее чем 4 с.

4. Все данные, кроме специально оговоренных, относятся к одной фазе.

5. Динамическая устойчивость режима № 3 определена из условий протекания токов в одной колонне на разрыв.

6. Динамическая устойчивость в режиме № 2 гарантируется во всех случаях и не приводится.

7. Данные второй графы справа приняты по материалам ГПИ ТЭИ.

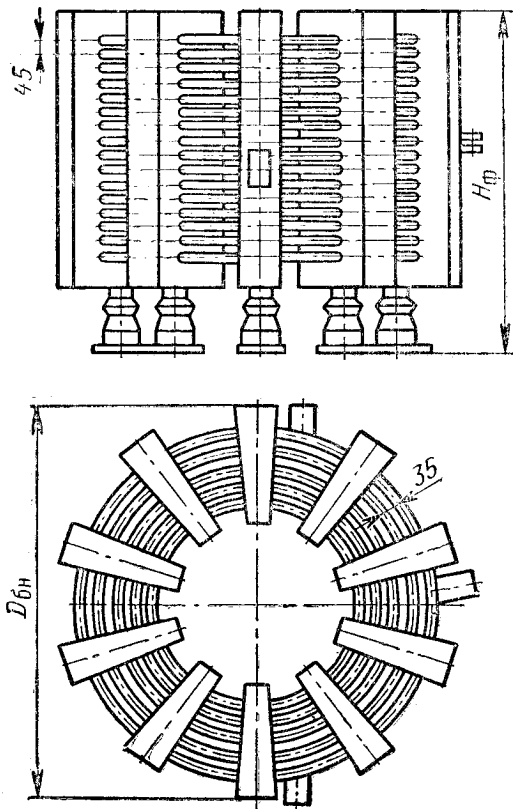


Рис. 28-145. Бетонный реактор.

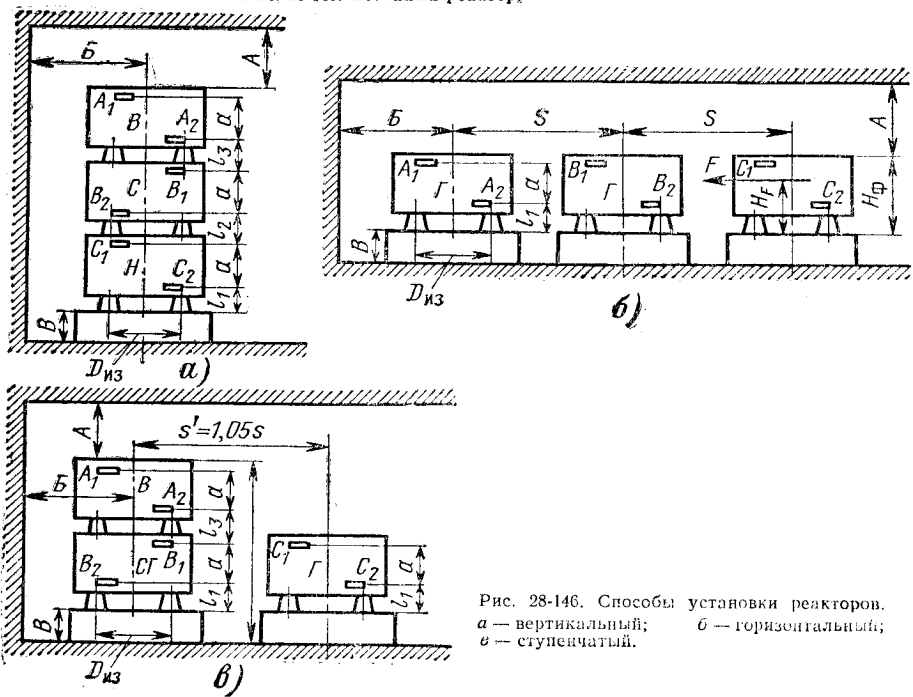


Рис. 28-146. Способы установки реакторов.  
 а — вертикальный; б — горизонтальный;  
 в — ступенчатый.

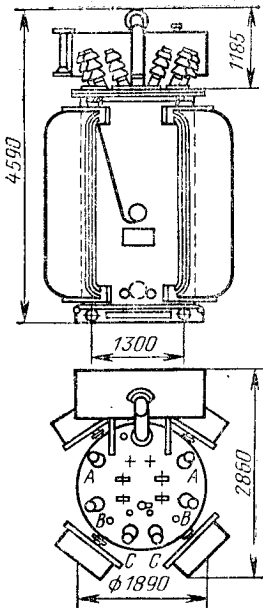


Рис. 28-147. Реактор масляный РТМГ-35-200-6.

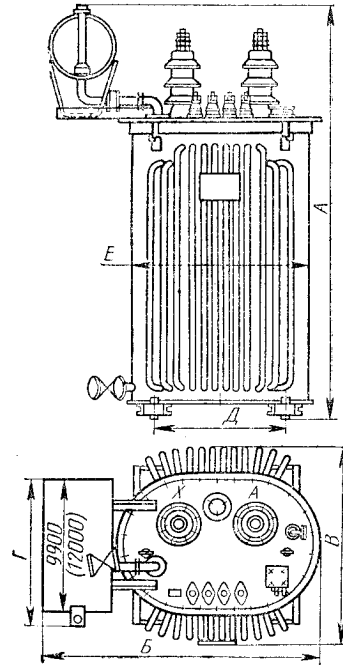


Рис. 28-148. Заземляющий реактор типа ЗРОМ (в скобках размер для ЗРОМ-550/35).

Реакторы 6—10 кВ изготавливаются для внутренней и (по особому заказу) для наружной установок.

Реакторы на напряжение 35 кВ изготавливаются для установок на открытом воздухе. Главная обмотка реактора выполняется с ответвлениями для пяти значений тока, для переключения ответвлений при отключенном реакторе.

Допустимая максимальная продолжительность нагрузки на соответствующих ступенях приведена в табл. 28-48.

Реакторы имеют сигнальную обмотку на 110 В и 10 А, которая снабжена отпайками для изменения числа витков в ней при переходе с одной ступени главной обмотки на другую.

Таблица 28-48

Ступень тока в порядке возрастания	Ступень 1 (минимальный ток)	Ступень 2	Ступень 3	Ступень 4	Ступень 5 (максимальный ток)
Допускаемая максимальная продолжительность нагрузки, ч	Длительно		8	4	2

Таблица 28-49

Технические данные и размеры заземляющих реакторов

Тип	U <sub>м.</sub> , кВ	I <sub>н.</sub> , А	Размеры, мм						Масса, кг		Цена, руб.	
			А	Б	В	Г	Д	Е	полная	масла		
ЗРОМ-175/6	6	36	—	—	—	—	—	—	—	1 150	—	725
ЗРОМ-350/6	6	50—100	2 130	1 510	1 080	1 065	660	1 050	1 825	720	750	750
ЗРОМ-300/10	10	25—50	2 130	1 510	1 080	1 065	820	1 050	1 825	720	750	750
ЗРОМ-275/35	35	6,2—12,5	2 170	1 570	850	1 065	820	1 095	2 000	780	900	900



Таблица 28-50

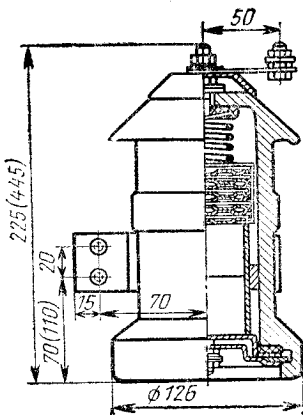
Технические данные масляных реакторов

Тип реактора	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Конструкция		Реактивное падение напряжения, %	Индуктивность одной фазы, мГ	Термическая устойчивость, А·с <sup>1/2</sup>
			Количество фаз	Охлаждение			
РТМТ-35-200-6	35	200	Трехфазный	Естественное масляное	6	19,3	9 450 (3 340 А, 8 с)
РТМТ-35-500-10	35	500	То же	То же	10	12,9	18 000 (5 660 А, 10 с)
РТДТ-35-1000-10	35	1000	» »	Масляное с дутьем	10	6,45	33 200 (10 500 А, 10 с)
ТОРМТ-110-1350-15А	110	1350	Однофазный	То же	15	22,5	18 000 (3 с)
РОДГ-33333/110	121/√3	477	То же	» »	—	—	—
РОДЦ-110000/750	110 000	242	» »	» »	—	—	—

Продолжение табл. 28-50

Тип реактора	Динамическая устойчивость i <sub>уд</sub> , А	Габаритные размеры, мм				Масса, т			
		В плане		Высота до		масла	выемной части	бака с тепловой радиаторами	полная
		Длина	Ширина	крышки	наиболее высокой точки				
<i>Токоограничивающие реакторы</i>									
РТМТ-35-200-6	7 500	2 900	2 700	3 405	4 650	5,54	2,53	2,96	11
РТМТ-35-500-10	14 500	4 320	3 140	3 640	5 190	10,6	4,8	5,5	20,9
РТДТ-35-1000-10	24 300	4 800	4 800	4 100	5 680	12,3	5,5	10,2	27,6
ТОРМТ-110-1350-15А	25 000	6 000	5 400	—	5 700	—	—	—	38,0
<i>Шунтирующие реакторы</i>									
РОДГ-33333/110	—	5 740	3 570	5 750	—	—	—	—	39
РОДЦ-110000/750	—	—	—	—	—	—	—	—	—

28-9. РАЗРЯДНИКИ



Промышленностью выпускаются вентильные и трубчатые разрядники. Последние предназначены для защиты линейной изоляции.

Вентильные разрядники выпускаются серии РВП, РВС и магнетовентильные разрядники серии РВТ и РВМКП.

Разрядники РВМГ и РВМКП для напряжения 110—750 кВ применяются для целей координации изоляции, а также при атмосферных и внутренних перенапряжениях.

Разрядники РВМКП применяются для защиты оборудования линейного конца ЛЭП 330 и 500 кВ, а РВМГ — для защиты станционного оборудования.

Рис. 28-149. Разрядник РВП-3 (в скобках размер для РВП-10).

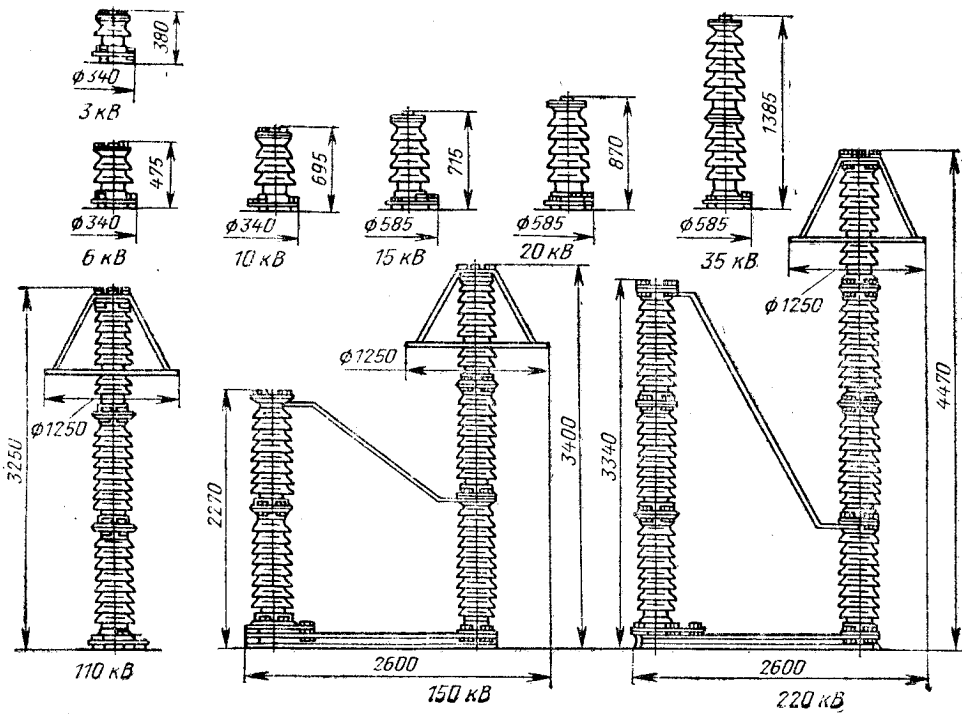


Рис. 28-150. Вентильные разрядники с магнитным гашением серии RBMG.

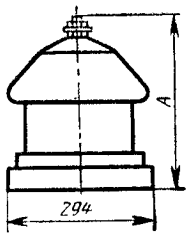


Рис. 28-151. Разрядник RMBU. Размер А для  $U=1,65$  кВ — 285 мм, для  $U=6$  кВ — 350 мм.

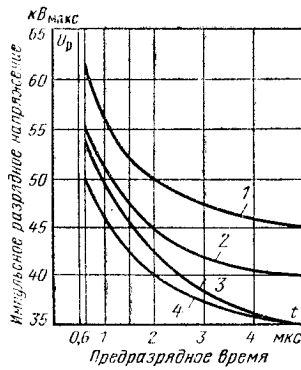


Рис. 28-152. Защитные характеристики разрядников РТ- $\frac{6}{3}$  и РТ- $\frac{10}{3}$ ; РТ- $\frac{6}{0,2-1,5}$  и РТ- $\frac{1,5-7}{3}$ .

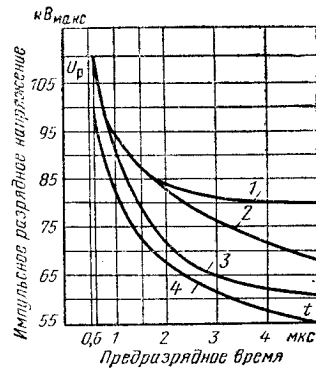


Рис. 28-153. Защитные характеристики разрядников РТ- $\frac{6}{0,3-7}$ ; РТ- $\frac{6}{1,5-10}$ ; РТ- $\frac{10}{0,5-7}$ .

Номера кривых зависимостей на рис. 28-152	1	2	3	4
Полярность волны	минус	минус	плюс	плюс
Крепление разрядников	за открытый конец	за закрытый конец	за открытый конец	за закрытый конец

Таблица 28-51

Характеристики вентиляльных разрядников

Тип	Номинальное напря- жение разрядника, кВ	Наибольшее допустимое напряжение на разрядке, кВ	Пробивное напряжение разрядника (действ. значение) при частоте 50 Гц, кВ		Импульсное пробивное напряжение разрядника при предразрядном времени от 2 до 10 с, кВ	Остающееся напряжение разрядника при импульсном токе с длиной фронта волны 10 мкс с амплитудой				Масса, кг	Цена, руб.
			Не менее	Не более		1 000 А	3 000 А	5 000 А	10 000 А		
						кВ, не более					
РВН-0,5	0,5	0,5	2,5	3,0	3,5—4,5	2,5	—	—	—	2,0	2—15
РВМК-1,3	1,3	1,8	4	4,8	8	4	—	—	7,5	17	22—50
РМБУ-1,65	1,65	2,1	4,8	5,7	6,5	—	6	—	—	18	44
	1,65	2,1	5,7	6,5	7,2	—	6	—	—	18	44
РМБВ-1,65	1,65	2	3,8	4,5	5	—	5	—	—	—	—
РВП-3	3	3,8	9	11	21	—	15	16	—	3,4	2,8
РВМ-3	3	3,8	7,5	9,5	8	—	9	9,5	11	28	53
РМБУ-3,3	3,3	4,2	9,5	10,5	12,5	—	12	—	—	22,5	57—00
	3,3	4,2	10,5	13	14,5	—	12	—	—	22,5	57—00
РМБВ-3,3	3,3	4,2	9,5	11,5	12,5	—	12	—	—	—	—
РВПК-3,3	3,3	4,1	7,5	8,5	8,8	—	8—8,5	—	—	45	—
РВП-6	6	7,6	16	19	35	—	28	30	—	4,6	3—65
РВМ-6	6	7,6	15	18	15,5	—	17	18	20	38	62
РВП-10	10	12,7	26	30,5	50	—	47	50	—	6,0	4—70
РС-10	10	12,7	26	30,5	50	—	47	50	—	6,0	4—50
РВМ-10	10	12,7	25	30	25,5	—	28	30	33	46,4	82—00
РВС-15	15	19	38	48	70	—	57	61	67	43	26—00
РВМ-15	15	19	35	43	57	—	47	51	57	117	105
РВС-20	20	25	49	60,5	85	—	75	80	88	51	30
РВМ-20	20	25	47	56	74	—	62	67	74	130	119
РВО-35	35	40,5	78	98	150	—	—	150	—	38	36—50
РВС-35	35	40,5	78	98	125	—	122	130	143	67	46
РВМ-35	35	40,5	75	90	116	—	97	105	116	212	176
РВМГ-110	110	100	170	195	252	—	233	252	280	330	399
РВТ-110	110	100	150	175	240	—	—	215	240	280	—
РВМГ-150	150	138	230	265	352	—	3203	352	390	420	591
РВТ-150	150	138	210	245	330	—	—	295	330	390	—
РВМГ-220	220	200	340	390	490	—	450	490	540	670	833
РВТ-220	220	220	300	350	460	—	—	430	480	560	—
РВМК-330П	330	200	0,9	—	700	650—700	—	—	—	4 200	3 497
РВТ-330	330	290	435	505	640	—	—	615	700	810	—
РВМГ-330	330	290	485	560	700	—	—	730	800	1 025	1 883
РВТ-500	500	420	630	735	930	—	—	890	1 010	1 060	—
РВМК-500П	500	295	765	—	1 200	—	—	—	1 260	7 000	7 251
РВМГ-500	500	395	765	—	1 700	1200	—	1 060	1 180	1 600	2 507
РВМК-750	750	455	820	950	1 500	—	—	—	1 650	6 400	—

Таблица 28-52

Размеры трубчатых разрядников (рис. 28-156)

Тип	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М
РТ-3/0,2-1,5	40	138	357	400	Не менее 150	5—10	30	43,5	8	5,2	35	M10
РТ-3/1,5-7	40	138	357	400		5—10	30	43,5	8	5,2	35	M10
РТ-6/0,3-7	130	233	475	520		8 и 15	40	51,5	10	5,2	44,5	M10
РТ-6/1,5-10	80	233	475	520		8 и 15	40	51,5	10	5,2	44,5	M10
РТ-10/0,5-7	130	233	475	520		20	40	51,5	10	5,2	44,5	M10
РТ-35/0,4-3	175	425	663	720	Не менее 170	60	40	43,5	8	5,2	35	M10
РТ-35/0,8-5	175	440	785	840		100	40	51,5	10	5,2	44,5	M10
РТ-35/1,8-10	140	410	730	780		60	60	68	12	8	69	M10
РТ-110/0,4-2,2 вар. I	300	645	1 050	1 110	Не менее 200	250 и 350	60	85	8	5,5	76	M12
РТ-110/0,4/2,2 вар. II	300	850	1 250	1 310			60	85	8	5,5	76	M12
РТ-110/0,8-5	350	850	1 238	1 300		250 и 350	60	85	16	8	76	M12
РТ-110/1,2-7 вар. I	300	645	1 038	1 100			60	85	16	8	76	M12
РТ-110/1,2-7 вар. II	300	850	1 238	1 300			60	85	16	8	76	M12
РТ-110/2-10 вар. I	250	645	1 127	1 190		300 и 350	60	85	20	8	76	M12
РТ-110/2-10 вар. II	250	840	1 327	1 390			60	85	20	8	76	M12

Таблица 28-53

15\* Характеристики трубчатых разрядников серии РТ

Тип	Предельные отключаемые токи (действующее значение)		Длина искровых промежутков, мм		Защитная характеристика		Импульсные разрядные напряжения при волне 1,5/40 мкс, кВ, макс				Разрядное напряжение (действующее значение) при 50 Гц, кВ		Внутренний диаметр Фирровой трубки d <sub>вн</sub> , мм	Масса, кг	Цена, руб.—коп.
	Нижний, кА	Верхний, кА	внутрен.	внешнего	№ рисун.	№ кривой	Минимальное		При 2 мкс		Сухое	Мокрое			
							Полярность	Полярность	Полярность	Полярность					
РТ-3/0,2-1,5	0,2	1,5	40	5—10	28-152	1—4	35	40/45*	40/42*	45/50*	10	7	8	1,0	3—25
РТ-3/1,5-7	1,5	7	40	5—10	28-152	1—4	35	40/45*	40/42*	45/50*	10	7	8	1,0	3—25
РТ-6/0,3-7	0,3	7	130	8/15	28-153	1, 3	61/80	61/80	71/83	71/83	42/—	39/—	10	1,8	3—70
РТ-6/1,5-10	1,5	10	80	8/15	28-153	2, 4	55/68	55/68	67/83	67/83	—	—	10	1,8	3—70
РТ-10/0,5-7	0,5	7	130	20	28-153	1	80	80	83	83	—	—	10	1,8	3—70
РТ-35/0,4-3	0,4	3	175	60/100	28-154	1—4	145/180	150/190	170/205	185/220	85/105	63/83	8	1,4	3—50
РТ-35/0,8-5	0,8	5	175	60/100	28-154	1, 2	165/195	165/195	195/230	195/230	97/105	61/73	10	2,5	4—45
РТ-35/1,8-10	1,8	10	140	60/100	28-154	1, 2	140/170	140/170	160/195	180/195	83/96	73/92	12	4,2	7—90
РТ-110/0,4-2,2**	0,4	2,2	300	250/350	28-155	1—4	366/410	380/455	440/495	480/560	184/213	155/200	8	9	13—90
РТ-110/0,8-5	0,8	5	350	250/350	28-155	1—4	365/420	400/460	440/505	470/570	211/260	167/197	16	9,2	14—40
РТ-110/1,2-7**	1,2	7	300	250/350	28-155	1—4	366/410	380/455	440/495	480/560	184/213	165/200	16	9,7	13—90
РТ-110/2-10**	2	10	250	300/350	28-155	1—4	385/385	420/430	460/500	480/560	—	—	20	10	14—30

\* Разрядник РТ-3 разрешается крепить за закрытый или открытый конец. При креплении за открытый конец импульсные разрядные напряжения получают несколько выше (нижняя строчка), чем при креплении за закрытый конец (верхняя строчка).

\*\* Варианты I и II.

П р и м е ч а н и я: 1. РТ означает — разрядник трубчатый.

2. Все разрядники, кроме РТ-3, разрешается крепить к поддерживающей конструкции только за закрытый конец.

3. Во всех разрядниках, кроме РТ-3, цифра в числителе относится к меньшему искровому промежутку, в знаменателе к большему.

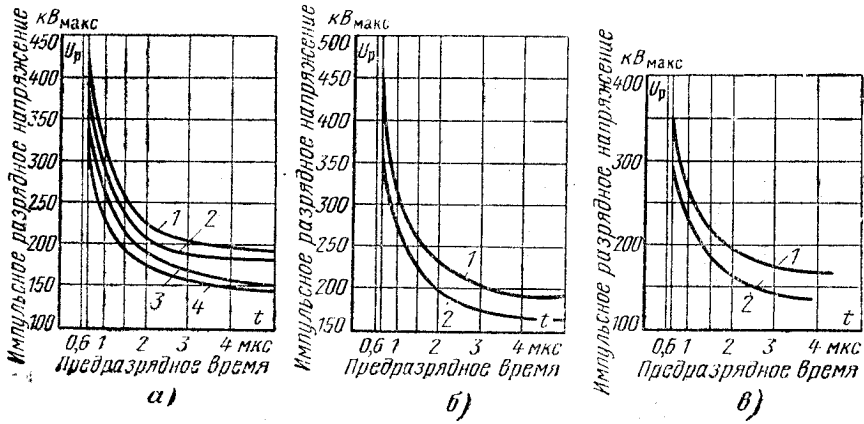


Рис. 28-154. Защитные характеристики разрядников.

$a - \text{РТ} - \frac{35}{0,4 - 3}$ ;  $b - \text{РТ} - \frac{35}{0,8 - 5}$ ;  $v - \text{РТ} - \frac{35}{1,8 - 10}$ .

Номера кривых зависимостей на рис. 28-154,а	1	2	3	4
Полярность волны	минус	плюс	минус	плюс
Внешний искровой промежуток, мм	100	100	60	60

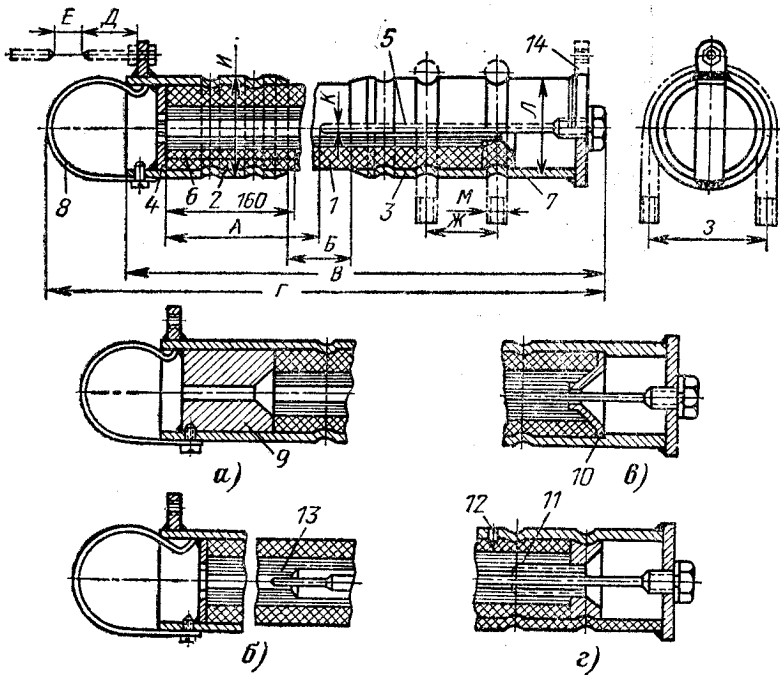


Рис. 28-155. Конструкция и размеры разрядника РТ.

1 — фибробакелитовая трубка; 2 — наконечник; 3 — резервуар; 4 — электрод открытого конца; 5 — стержневой электрод; 6 — дополнительный электрод (только для РТ-6-10); 7 — конусная гайка; 8 — указатель срабатывания; 9 — заглушка; 10 — воронка; 11 — металлическая втулка; 12 — штифт (только для РТ-110); 13 — фибровая вставка; 14 — ушко (только для РТ-3); а — открытый конец РТ- $\frac{35}{0,2 - 1,5}$ ; б — открытый конец

РТ- $\frac{110}{0,4 - 2,2}$ ; в — закрытый конец РТ-3 и РТ- $\frac{35}{0,4 - 3,1}$ ; г — закрытый конец всех РТ-110 (кроме РТ- $\frac{110}{2 - 10}$ ).

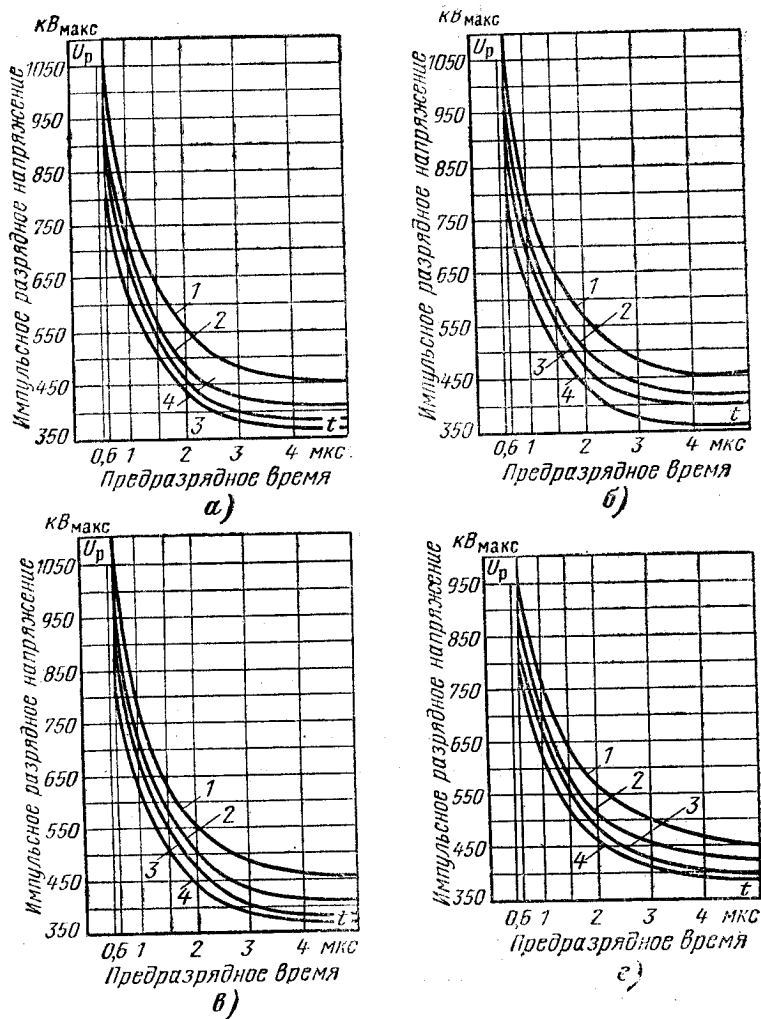


Рис. 28-156. Защитные характеристики разрядников.

а — РТ- $\frac{110}{0,4-2,2}$ , варианты I и II; б — РТ- $\frac{110}{0,8-5}$ ;

в — РТ- $\frac{110}{1,2-7}$ , варианты I и II; г — РТ- $\frac{110}{2-10}$ , варианты I и II.

Кривая зависимости по рис. 28-155, а, б	1	2	3	4
Полярность волны	минус	плюс	минус	плюс
Внешний искровой промежуток, мм	350	350	250	250
Кривая зависимости по рис. 28-155, в	1	2	3	4
Полярность волны	минус	минус	плюс	плюс
Внешний искровой промежуток, мм	350	300	350	300

Таблица 28-54

## Характеристики трубчатых разрядников виниловых (рис. 28-157)

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Предельные отключаемые токи (действ. значение), кА		Импульсное разрядное напряжение при волне 1,5/40 мкс, кВ				Разрядное напряжение (действ. значение) при 50 Гц, кВ		Масса, кг	Цена, руб.—коп.	Размеры, мм			Зона выхлопа	
		Нижний	Верхний	Минимальное		При 2 мкс		Сухое	Мокрое			А	Б	В	Длина, м	Ширина, м
				+	-	+	-									
РТВ-6-10/0,5-4	6	0,5	4	54	60	65	65	33	32	3,4	3—65	258	430	619	1,8	0,75
	10	0,5		58												
РТВ-6/2-12	6	2	4	65	65	68	68	42	40	3,5	3—80	258	430	619	1,8	0,75
РТВ-10/2-12	10	2	12	65	65	68	68	42	40	3,5	3—80	258	430	619	2,0	0,85
РТВ-15/2-12	15	2	12	90	90	98	98	55	45	3,6	3—90	298	470	659	2,3	0,9
РТВ-20/2-12	20	2	12	115	116	125	125	65	55	3,7	4—10	348	520	709	2,5	1,0
РТВ-35/2-10	35	2	10	150	150	165	165	80	65	4,0	4—30	468	640	829	3,0	1,5

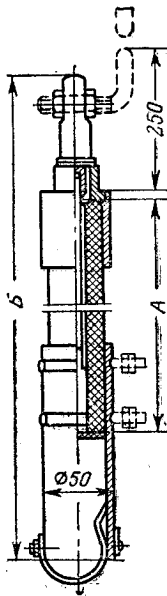


Рис. 28-157. Разрядник РТВ.

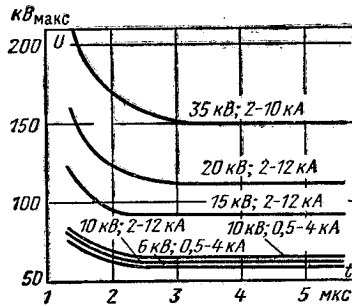


Рис. 28-158. Вольт-секундная характеристика разрядника типа РТВ на 6—35 кВ. Волна 1,5/40 мкс отрицательной полярности.

## 28-10. КОНДЕНСАТОРЫ

Косинусные конденсаторы предназначены для повышения коэффициента мощности  $\cos \phi$  электроустановок переменного тока частоты 50 Гц как для групповой, так и для индивидуальной компенсации. Технические данные их приведены в табл. 28-55.

Конденсаторы типа КМС-0,38-9,4-1 предназначены для улучшения коэффициента мощности сварочных трансформаторов типа ТСК-300 и ТСК-500 при частоте тока 50 Гц путем подключения их параллельно первичной обмотке трансформатора (0,38 кВ; 50 Гц; 9,4 квар; 207,8 мкФ).

Конденсаторы связи СМР и ОМР внутренней и наружной установки предназначены для связи линий электропередачи переменного тока частоты 50 Гц, напряжением

35—500 кВ, для телемеханики, защиты, измерения напряжения и отбора мощности (табл. 28-57).

Импульсные конденсаторы предназначены для работы в различных импульсных схемах.

Технические характеристики конденсаторов серий ЭС, ЭСВ, ЭСВП, предназначенных для повышения коэффициента мощности индукционных электротермических установок (500—800 Гц), приведены в табл. 28-56.

Бумажно-масляные конденсаторы ФМТ4-5×2 предназначены для работы в контурах высокочастотных фильтров тяговых подстанций  $U=4$  кВ;  $C_n=5+5$  мкФ  $\pm 20\%$ ;  $U_{исп}=12$  кВ постоянного напряжения, масса общая 25 кг, масла — 6,5 кг.

Таблица 28-55

## Технические данные косинусных конденсаторов

Тип	Номинальная мощность, квар	Номинальная емкость, мкФ	Вид исполнения	Высота $H$ , мм	Масса, кг	Цена, руб.—коп.
КМ2-0,22-4,5 КМ2-0,38-13 КМ2-0,5-13 КМ2-0,66-13	4,5 13 13 13	296 286 165 95	Трехфазное или однофазное	408 408 408 422	26	4—80
КМ2-3,15-13 КМ2-6,3-13 КМ2-10,5-13	13 13 13	4,17 1,04 0,376	То же	445 475 530	24	3—90
КМ2-0,22-9 КМ2-0,38-26 КМ2-0,5-26 КМ2-0,66-26	9 26 26 26	592 572 330 190	Трехфазное или однофазное	726 726 726 740	52	13—10 4—60 4—30 3—90
КМ2-3,15-26 КМ2-6,3-26 КМ2-10,5-26	26	8,34 2,08 0,752	Однофазное	760 790 846	48	3—60
КС-0,22-6 КС-0,22-8 КС-0,38-18 КС-0,38-50 КС-0,5-18 КС-0,66-20 КС-0,66-25	6 8 18 25 18 20 25	395 528 397 551 229 146 183	Трехфазное или однофазное	403 408 408 408 422 422 422	28	6—49 6—36
КС-1,05-25 КС-1,05-37,5 КС-3,15/ $\sqrt{3}$ -25 КС-3,15/ $\sqrt{3}$ -37,5 КС-3,15-25 КС-3,15-37,5	25 37,5 25 37,5 25 37,5	72 108,3 24 36,1 8 12	Однофазное	422 422 445 445 445 445	27	5—03
КС-6,3/ $\sqrt{3}$ -25 КС-6,3/ $\sqrt{3}$ -37,5 КС-6,3-25 КС-6,3-37,5 КС-10,5/ $\sqrt{3}$ -25 КС-10,5/ $\sqrt{3}$ -37,5 КС-10,5-25 КС-10,5-37,5	25 37,5 25 37,5 25 37,5 25 37,5	6,0 9,0 2,0 3,0 2,16 3,24 0,72 1,08	То же	475 475 475 475 530 530 530 530	28	4—19
КС-1,05-50 КС-2-1,05-75 КС2-3,15/ $\sqrt{3}$ -50 КС2-3,15/ $\sqrt{3}$ -75 КС2-3,15-50 КС2-3,15-75 КС2-6,3/ $\sqrt{3}$ -50 КС2-6,3/ $\sqrt{3}$ -75 КС2-10,5-50 КС2-10,5-75 КС2-10,5/ $\sqrt{3}$ -50 КС2-10,5/ $\sqrt{3}$ -75	50 75 50 75 50 75 50 75 50 75 50 75	144 217 48 72,2 16 24 12 18 1,44 2,16 4,32 6,48	То же	740 740 760 760 760 760 790 790 845 845 845 845	54	4—63
КС2-0,22-12 КС2-0,22-16 КС2-0,38-36	12 16 36	790 1 052 794	Трехфазное или однофазное	726 726 726	56	22—26 — 7—38



Продолжение табл. 28-55

Тип	Номинальная мощность, квар	Номинальная емкость, мкФ	Вид исполнения	Высота Н, мм	Масса, кг	Цена, руб.—коп.
КС2-0,38-50	50	1 102	Трехфазное или однофазное	726	56	4—70
КС2-0,5-36	36	458		726		7—26
КС2-0,66-49	40	292		740		5—00
КС2-0,66-50	50	366		740		4—42

Примечание. К — косиачусый; М(С) — с пропиткой маслом (синтетической жидкостью); 2 — корпус второго габарита.

Таблица 23-56

### Характеристики конденсаторов, применяемых в электротермических установках повышенной частоты типа ЭСВ, ЭСВП, ЭМ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная частота, Гц	Номинальная мощность, квар	Номинальная емкость, мкФ					Высота Н, мм	
				Общая	Ступени					
					0—1	0—2	0—3	0—4		0—5

#### Параллельное соединение ступеней

ЭСВ-750-0,5	750	500	70	39,6	19,8	19,8	—	—	—	450
ЭСВ-1000-0,5	1 000	500	70	22,2	11,1	11,1	—	—	—	450
ЭСВ-500-1	500	1 000	145	92,4	46,2	46,2	—	—	—	450
ЭСВП-500-1	500	1 000	145	92,4	34,65	7,7	15,4	3,85	30,8	450
ЭСВ-750-1	750	1 000	145	41,0	20,5	20,5	—	—	—	450
ЭСВП-750-1	750	1 000	145	41,0	15,39	3,42	6,84	1,71	13,68	450
ЭСВ-1000-1	1 000	1 000	145	23,1	11,55	11,55	—	—	—	450
ЭСВ-375-2,5	375	2 500	270	122	30,5	30,5	30,5	30,5	—	460
ЭСВП-375-2,5	375	2 500	270	122	45,72	10,16	20,32	5,08	40,64	460
ЭСВ-500-2,5	500	2 500	220	56,0	14	14	14	14	—	460
ЭСВП-500-2,5	500	2 500	220	56,0	20,97	4,66	9,32	2,33	18,64	450
ЭСВ-750-2,5	750	2 500	220	24,9	6,22	6,22	6,22	6,22	—	450
ЭСВП-750-2,5	750	2 500	220	24,9	9,36	2,08	4,16	1,04	8,32	450
ЭСВ-375-8	375	8 000	300	42,5	10,62	10,62	10,62	10,62	—	460
ЭСВП-375-8	375	8 000	300	42,5	15,93	3,54	7,08	1,77	14,17	460
ЭСВ-500-8	500	8 000	300	23,9	5,97	5,97	5,97	5,97	—	460
ЭСВП-500-8	500	8 000	300	23,9	9,0	2,0	4,0	1,0	8,0	460
ЭСВ-750-8	750	8 000	300	10,6	2,65	2,65	2,65	2,65	—	450
ЭСВП-750-8	750	8 000	300	10,6	3,96	0,88	1,76	0,44	3,52	450
ЭС-750-0,5	750	500	35	19,8	9,9	9,9	—	—	—	—
ЭС-1000-0,5	1 000	500	35	11,15	5,6	5,6	—	—	—	—
ЭС-1500-0,5	1 500	500	35	4,8	9,9	9,9	—	—	—	—
ЭС-2000-0,5	2 000	500	35	2,95	5,6	5,6	—	—	—	470
ЭС-500-1	500	1 000	35	22,3	11,15	11,15	—	—	—	—
ЭС-750-1	750	1 000	35	9,9	4,95	4,95	—	—	—	—
ЭС-1000-1	1 000	1 000	35	5,55	11,1	11,1	—	—	—	—
ЭС-1500-1	1 500	1 000	35	2,475	4,95	4,95	—	—	—	—

#### Конденсаторы с последовательным соединением ступеней

				Общая		Ступени				
				1—2	1—4	0—1	0—2	0—1,2	0—3,4	
ЭСВ-1500-0,5	1 500	500	70	9,9	—	19,8	19,8	—	—	450
ЭСВ-2000-0,5	2 000	500	70	5,55	—	11,1	11,1	—	—	450
ЭСВ-1500-1	1 500	1 000	145	10,25	—	20,25	20,5	—	—	450
ЭСВ-2000-1	2 000	1 000	145	5,75	—	11,5	11,5	—	—	450
ЭСВ-1000-2,5	1 000	2 500	220	—	14,0	—	—	28	28	450
ЭСВ-1500-2,5	1 500	2 500	220	—	6,2	—	—	12,4	12,4	450
ЭСВ-1000-8	1 000	8 000	300	—	5,97	—	—	11,94	11,94	460

Примечание. Э — для электротермических установок; С — с пропиткой синтетической жидкостью; В — с водяным охлаждением;

П — подстроечные; 1-я цифра — номинальное напряжение, В; 2-я цифра — частота, кГц.

Таблица 28-57

## Конденсаторы связи

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная емкость, мкФ	Количество конденсаторов на фазу (шт.) на напряжение, кВ						Масса, кг	Цена, руб.
			35	110	150	220	330	500		
СМР-66/ $\sqrt{3}$ -0,0044	38	0,0044	1	—	3	—	—	—	80	110
СМР-110/ $\sqrt{3}$ -0,0064	63,5	0,0064	—	1	—	2	3	—	265	170
СМР-166/ $\sqrt{3}$ -0,014	96	0,014	—	—	—	—	2	3	950	750
ОМР-15-0,107	15	0,107	—	—	—	—	—	1	412	290

Примечание. С — связи; М — с пропиткой минеральным маслом; Р — с расширителем; О — для отбора мощности.

Таблица 28-58

## Технические данные импульсных конденсаторов и конденсаторов серии ДМР и ДМ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная суммарная емкость, мкФ	Испытательное напряжение, кВ		Масса, кг	Цена, руб.
			между обкладками	на корпус		
ИМ-0,5-250	0,5	250	—	—	24	36
ИМ-3-100	3	100	4,5	—	24	40
ИМ-3-230	3	230	4,5	10	57	—
ИМЭ-250	3	250	4,5	—	62	—
ИМН-3-110×2	3	220	4,5	18	48	120
ИМН-4-80×2	4	160	6,0	18	48	120
ИМ-5-140	5	140	7,5	—	57	92
ИМУ-5-140	5	140	7,5	10	60	125
ИМ-5-150	5	150	7,5	—	62	—
ИМН-6-36×2	6	72	9,0	24	48	120
ИС-20-6,65	20	6,65	30	—	41	100
ИМ-20-8	20	8	30	—	140	230
ИМ-30-3	30	3	45	—	40	250
ИМ-50-3	50	3	90	—	320	485
ИМН-100-0,1	100	0,1	150	—	190	33
ДМР-60-0,026	60	0,026	160	—	80	218
ДМР-55-0,0033	55	0,0033	160	—	80	218
ДМР-60-0,0022	60	0,0022	160	—	80	218
ДМР-80-0,001	80	0,001	160	—	80	218
ДМР-80-0,0044	80	0,0044	160	—	175	110

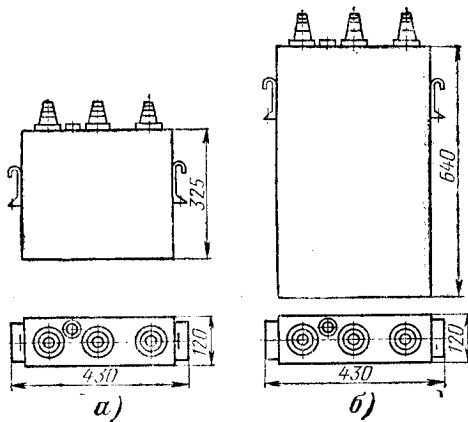


Рис. 28-159. Конденсаторы косинусные на напряжение 220—660 В.  
а — КМ, КС; б — КМ2, КС2.

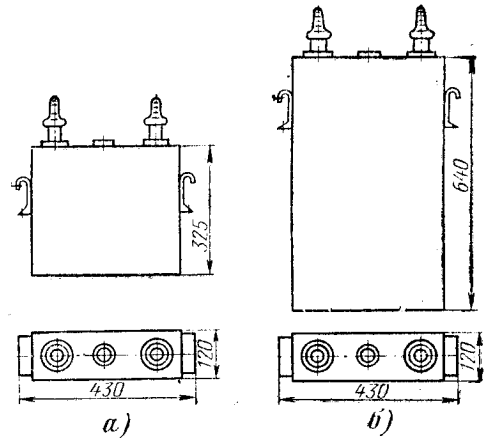


Рис. 28-160. Конденсаторы косинусные на напряжение 220—1 050 В, 3150/3—11 000 В.  
а — КМ, КС; б — КМ2, КС2.

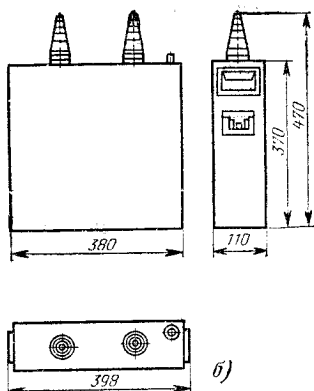
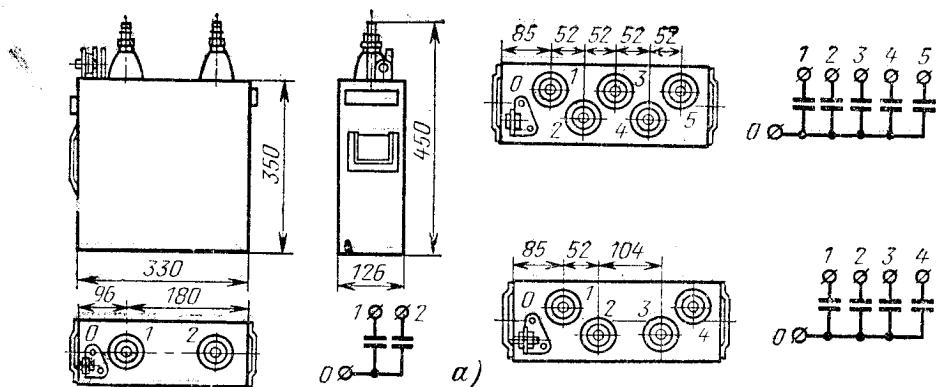


Рис. 28-161. Конденсаторы.  
а — ЭСВ, ЭСВП; б — ЭС.

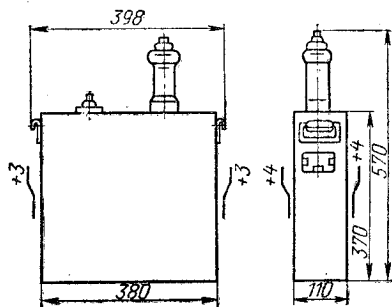


Рис. 28-162. Конденсаторы ИМ-20/0,5.

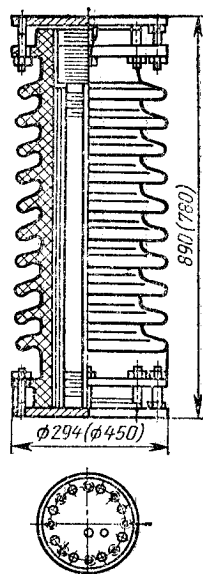


Рис. 28-163. Конденсатор ДМР (в скобках размер ДМР-80-0,0044).

Конденсаторы типа ДМР предназначены для шунтирования разрывов выключателей с целью выравнивания напряжения и применяется в воздушных выключателях

высоковольтных ЛЭП переменного тока частотой 50 Гц, а также в других устройствах в качестве делителей напряжения (табл. 28-58).

## 28-11. КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ, ОТДЕЛИТЕЛИ

Короткозамыкатели предназначены для создания искусственного короткого замыка-

ния (КЗ-35 — двухфазного, КЗ-110, КЗ-150, КЗ-220 — однофазного) при повреждениях в силовых трансформаторах. Защита, реагируя на замыкание, отключает выключатель, установленный на питающих концах линии.

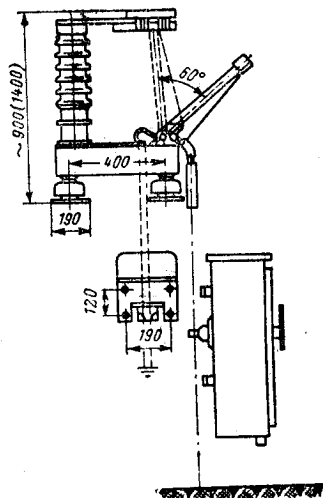


Рис. 28-164. Короткозамыкатель КЗ-35 с приводом ШПКМ.

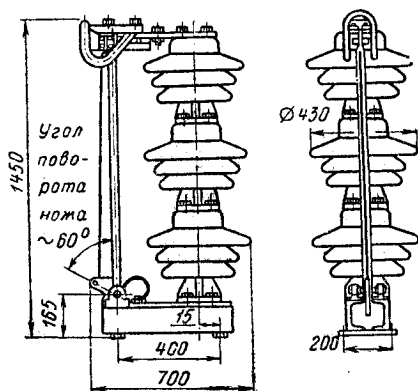


Рис. 28-165. Короткозамыкатель КЗ-110.

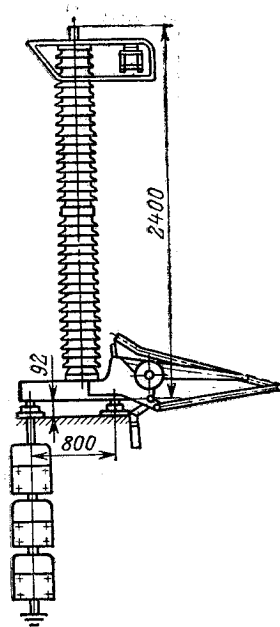


Рис. 28-166. Короткозамыкатель КЗ-220.

Для короткозамыкателя применяется привод ШПКМ.

Отделители предназначены для быстрого отключения поврежденного участка в момент отключения защитного выключателя.

Для отделителя применяется привод типа ШПОМ для главных ножей и привод типа ПРН для заземляющих ножей.

Таблица 28-59

## Технические данные короткозамыкателей

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Ток замыкания (амплитудный), кА	Ток термической устойчивости 2 с, кА	Полное время включения, с	Допускаемые условия, создаваемые при родом, кгс	Мощность к. з., МВ·А	Количество полюсов	Масса, кг		Цена одного полюса, руб.
								короткозамыкателя	привода	
КЗ-35	35	42	18,5	0,4	30	1 000	2	160	120	46
КЗ-110М	110	40	18	0,4	80	2 500	1	180	120	100
КЗ-154	154	34	15	0,5	50	—	1	340	120	218
КЗ-220М	220	34	16,5	0,5	50	—	1	420	120	230

Примечание. Для короткозамыкателей применяется привод ШПКМ.

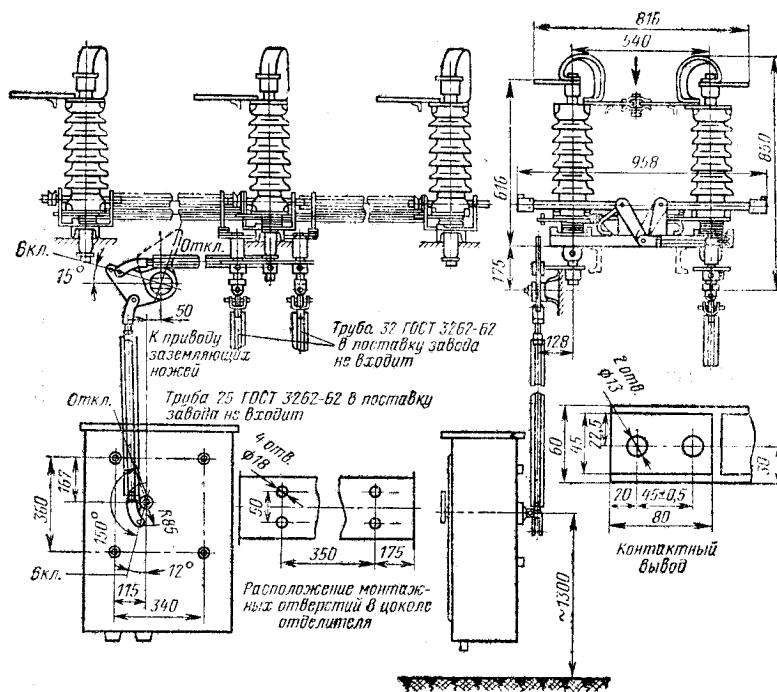


Рис. 28-167. Отделитель ОД-35.

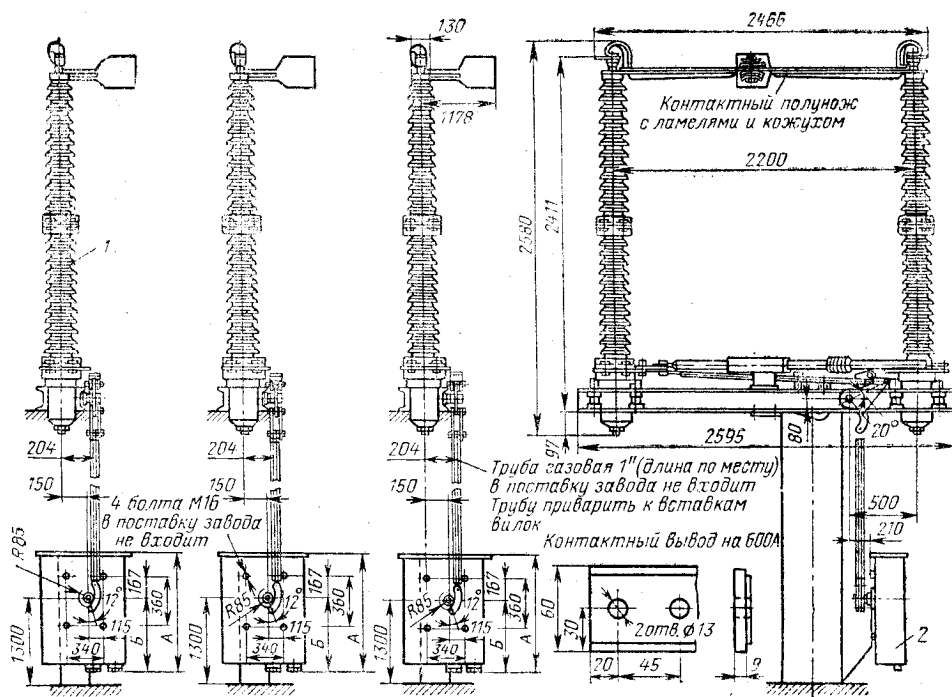


Рис. 28-168. Отделитель ОД-220М.

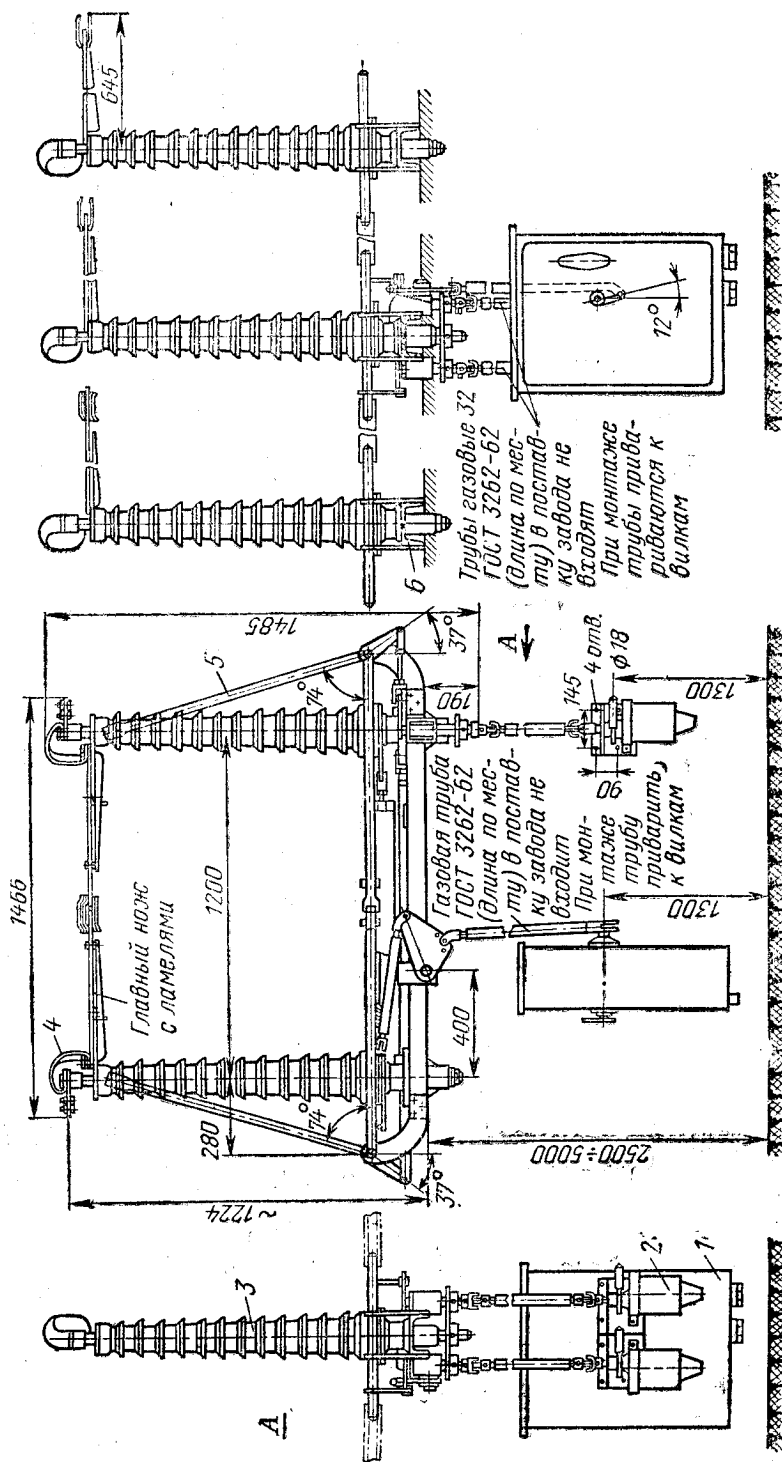


Рис. 28-169. Отделитель ОД-110М.

Таблица 28-60

## Технические данные отделителей

Тип	Предельный сквозной ток главных ножей, кА		Десятисекундный ток термической устойчивости главных ножей, кА	Предельный сквозной ток заземляющих ножей, кА		Десятисекундный ток термической устойчивости заземляющих ножей, кА	Полное время включения, с	Количество полюсов	Мощность к. з., МВ·А	Отключающая способность токов х. х. силовых трансформаторов, МВ·А	Масса, кг	Цена, руб.
	Ударный	Действующее значение		Ударный	Действующее значение							
ОД-35/600	80	31	12	—	—	—	0,5	3	1 000	20	70	49
ОДЗ-1-35/600	80	31	12	50	20	10	0,5	3	1 000	20	73	56
ОДЗ-2-35/600	80	31	12	50	20	10	0,5	3	1 000	20	76	62
ОД-110М/630	80	31	12	—	—	—	0,7—0,9	3	2 500	31,5	162	125
ОДЗ-1-110М/630	80	31	12	50	20	7	0,7—0,9	3	2 500	31,5	190	140
ОДЗ-2-110М/630	80	31	12	50	20	7	0,7—0,9	3	2 500	31,5	204	150
ОД-150М/630	80	31	13	—	—	—	0,9	3	—	—	507	315
ОД-150М/1000	80	31	15	—	—	—	1,0	3	—	—	512	320
ОД-220М/630	80	31	13	—	—	—	1,0	3	—	—	—	335
ОД-220М/1000	80	31	15	—	—	—	1,0	3	—	—	534	340

Примечание. Для главных ножей отделителей применяется привод типа ШПОМ; для заземляющих ножей — ПРН-110М; О — отделитель; Д — двухколонковый, З — с заземляющими ножами.

Цифры: первая — номинальное напряжение, кВ; вторая — номинальный ток, А; цифры 1 и 2 — число заземляющих ножей.

Таблица 28-61

## Технические данные заземлителей

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Привод	Десятисекундный ток термической устойчивости, кА	Масса полюса, кг	Цена полюса, руб.
<i>Наружной установки</i>						
ЗОН-110М-I	110	400	ПРНУ-10	4	95	70
ЗОН-110М-II	110	400	ПРНУ-10	4	65	61
ЗОН-110У-I	110	400	ПРНУ-10	4	118	—
ЗОН-110У-II	110	400	ПРНУ-10	4	88	—
<i>Внутренней установки</i>						
ЗОВ-20	20	—	—	—	34	45

## 28-12. ЯЩИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Ящики сопротивления ЯС2 и ЯС4 применяются в качестве пусковых, пускорегулирующих, тормозных, разрядных и других в силовых электрических цепях напряжением до 500 В постоянного тока и переменного тока с частотой 50 Гц. Каждый ящик имеет определенное количество элементов сопротивления одного номера и определенное количество ступеней, поэтому ящики получили название стандартных. По форме исполнения ящики являются открытыми, поэтому они должны быть установлены в закрытых помещениях и ограждаться от случайных прикосновений обслуживающего персонала к частям сопротивлений, находящимся под напряжением. В ящиках сопротивлений ЯС2 применяются чугунные элементы сопротивлений формы ЯС2. Ящики

(не более трех) могут быть смонтированы один на другом — от 4 до 6 на стеллаже.

Элементы сопротивления в ящиках соединены последовательно. Расположение зажимов (выводных) в ящиках ЯС2 приведено на рис. 28-172, а, б. Ящики ЯС2 допускают нагрузку до 5,8 кВт.

В ящиках сопротивления ЯС4 применяются фехралевые элементы сопротивления. Ящики ЯС4 монтируются на горизонтальном основании (на подставке) или непосредственно на полу (рис. 28-170, 28-173).

Ящики сопротивлений ЯС110, ЯС120, ЯС130 применяются там же, где и ящики открытого исполнения. Все ящики идентичны по форме и различаются количеством ярусов (этажей) элементов сопротивления. ЯС110 — одноярусные — состоят из одного

пакета элементов сопротивлений, ЯС120 — двухъярусные, ЯС130 — трехъярусные. Спереди и сзади каждый ярус закрыт стальными листами, укрепленными винтами к боковым стенкам, а сверху — двускатной крышкой. Между защитными листами каж-

ящики с чугунными элементами применяются в малоомных и многоамперных, а с константановыми — в многоомных и малоамперных сопротивлениях.

Допускается общее падение напряжения в четырехъярусном ящике не более

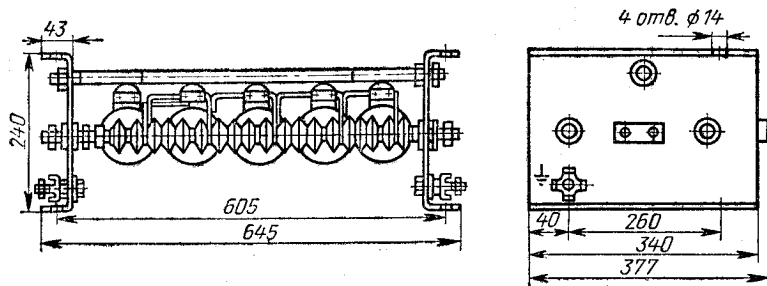


Рис. 28-170. Ящики сопротивлений ЯС4.

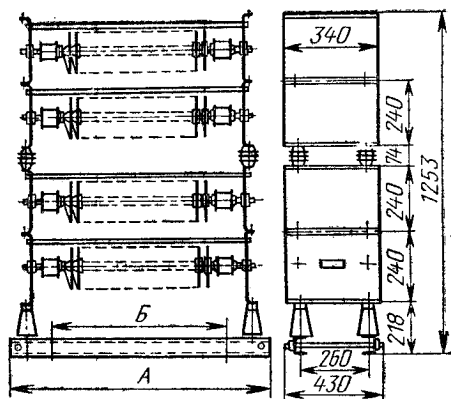


Рис. 28-171. Ящики сопротивлений ЯС-191/2 и ЯС-194/2.

дого яруса оставлено свободное пространство для циркуляции воздуха. Ящики сопротивлений различаются по количеству встроенных элементов сопротивлений, т. е. по допустимой нагрузке и по способу монтажа. Ящики сопротивлений серии ЯС190 исполняются для номинального напряжения до 6 600 В и применяются главным образом для заземления нейтрали высоковольтных синхронных генераторов и трансформаторов или в качестве тормозных сопротивлений к синхронным электродвигателям. Серия ЯС190 состоит из четырех габаритов объемной мощностью от 9,8 до 27,6 кВт.

Ящики ЯС190 являются открытыми, поэтому они должны устанавливаться в закрытых помещениях и ограждаться от возможных случайных прикосновений обслуживающего персонала к частям сопротивлений, находящимся под напряжением (рис. 28-171).

3 200 В при длительном включении и не более 4 000 В при кратковременном включении.

Для ориентировочного определения нагрузочной способности ящиков сопротивления при кратковременном режиме работы необходимо указанную в табл. 28-63 мощ-

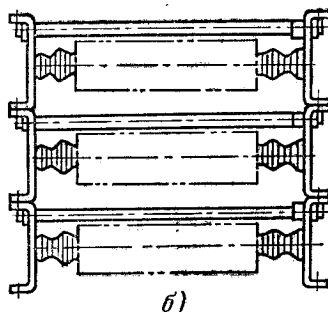
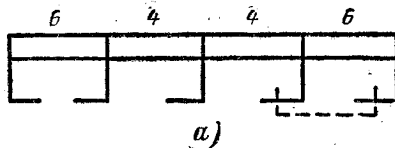


Рис. 28-172. Расположение выводных зажимов в ящиках сопротивлений ЯС2: а — ящики сопротивлений ЯС2, б — при монтаже ящиков сопротивлений не более трех.

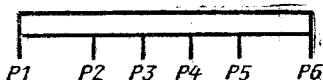


Рис. 28-173. Схема пятиступенчатых ящиков сопротивления ЯС4.



Технические данные стандартных ящиков сопротивлений ЯС2

Таблица 28-62

Тип ящика	№ ящика	Сопротивление, Ом*					продолжительный	Допустимый ток, А**				Число элементов в ящике	Масса ящика, кг	
		общее	по ступеням					повторно-кратковременный при ПВ						
			1	2	3	4		5	6%	12,5%	20%			40%
ЯС2	5	0,1	0,03	0,02	0,02	0,03	—	215	770	580	465	335	20	39,5
ЯС2	7	0,14	0,042	0,028	0,028	0,042	—	181	650	490	392	283	20	31,6
ЯС2	10	0,20	0,06	0,04	0,04	0,06	—	152	545	410	328	237	20	35,2
ЯС2	14	0,28	0,084	0,056	0,056	0,084	—	128	460	346	277	200	20	28,6
ЯС2	20	0,40	0,12	0,08	0,08	0,12	—	107	386	289	232	167	20	29,5
ЯС2	28	0,56	0,168	0,112	0,112	0,168	—	91	327	245	197	142	20	24,2
ЯС2	40	0,80	0,24	0,16	0,16	0,24	—	76	273	205	164	118	20	28,5
ЯС2	55	1,10	0,33	0,22	0,22	0,33	—	64	232	173	139	100	20	23,5
ЯС2	80	1,60	0,48	0,32	0,32	0,48	—	54	196	147	118	85	20	28,6

\* Сопротивление указано при холодном состоянии элементов. При нагреве оно повышается примерно на 10% на каждые 100 °С.

\*\* При повышении температуры элементов сопротивлений, равном 265 °С, и длительности включения в повторно-кратковременном режиме до 30 с.

Технические данные ящиков сопротивлений ЯС110, ЯС120, ЯС130, ЯС190

Таблица 28-63

Тип ящика	Количество ярусов	Количество элементов сопротивлений одной формы			Допускаемая продолжительная нагрузка, Вт		Пределы общего сопротивления для ящиков, Ом			Масса ящика, кг*
		чугунных		константановых ЭСЗ	с чугунными элементами	с константановыми элементами	с элементами ЭС2	с элементами ЭС1	с элементами ЭС3	
		ЭС2	ЭС1							
ЯС110/1	1	14	28	7	3 220	2 450	0,07—1,54	2,1—5,6	1,4—1 750	15,5—33
ЯС110/2	1	20	40	11	4 600	3 850	0,1—2,2	3,0—8,0	2,2—1 750	19—42
ЯС110/3	1	25	50	13	5 750	4 350	0,125—2,75	3,75—10,0	2,6—3 250	22—51
ЯС110/4	1	30	60	16	6 900	5 600	0,15—3,3	4,5—12,0	3,2—4 000	25—60
ЯС120/1	2	28	56	14	6 440	4 900	0,14—3,08	4,2—11,0	2,8—3 500	31—65
ЯС120/2	2	40	80	22	9 200	7 700	0,2—4,4	6,0—16,0	4,4—5 500	35—77
ЯС120/3	2	50	100	26	11 500	9 100	0,25—5,5	7,5—20,0	5,2—6 500	40—96
ЯС120/4	2	60	120	32	13 800	11 200	0,3—6,6	9,0—24,0	6,4—8 000	45—111
ЯС130/1	3	42	84	21	9 660	7 350	0,21—4,62	6,3—16,8	4,2—5 250	45—92
ЯС130/2	3	60	120	33	13 500	11 550	0,3—6,6	9,0—24,0	6,6—8 250	53—116
ЯС130/3	3	75	150	38	17 250	13 650	0,375—8,25	11,25—30,0	7,8—9 750	58—138
ЯС130/4	3	90	180	48	20 700	16 800	0,45—9,9	13,5—36,0	9,6—12 000	65—168
ЯС191/2	4	56	112	28	12 900	9 800	0,28—6,16	8,4—22,4	—	125
ЯС192/2	4	80	160	44	18 400	15 400	0,4—8,8	12—24	—	150
ЯС193/2	4	100	200	52	23 000	18 200	0,5—11,0	15—40	—	170
ЯС194/2	4	120	240	64	27 600	22 400	0,6—13,2	18—48	—	190

\* Изменяется в зависимости от массы встроенных элементов сопротивлений.

Технические данные ящиков сопротивлений с фехралевыми элементами

Таблица 28-64

Тип ящика	Ток продолжительного режима, А	Общее сопротивление ящика, Ом	Сопротивление ступеней, Ом							Число выводовных зажимов	Масса, кг	Количество элементов сопротивления в ящике, шт.	Постоянная нагрева Т, с
			P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P5-P6	P6-P7	P7-P8				
ЯС4-0,98	215	0,098	0,0204	0,0186	0,0186	0,0204	0,0195	—	—	6	21	5	200
ЯС4-0,125	181	0,125	0,024	0,026	0,026	0,024	0,025	—	—	6	22	5	270
ЯС4-0,189	152	0,189	0,0364	0,0391	0,0391	0,0364	0,0377	—	—	6	20	5	150
ЯС4-0,294	124	0,294	0,0575	0,060	0,060	0,0575	0,0587	—	—	6	21	5	220
ЯС4-0,39	107	0,39	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	—	—	6	21	5	200
ЯС4-0,5	91	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	—	—	6	22	5	270
ЯС4-0,755	76	0,755	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	—	—	6	20	5	150
ЯС4-1,175	62	1,175	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235	—	—	6	21	5	220
ЯС4-1,56	54	1,56	0,312	0,312	0,312	0,312	—	—	—	6	21	5	210
ЯС4-2,05	46	2,05	0,41	0,41	0,41	0,41	—	—	—	6	21	5	230
ЯС4-3	38,5	3	0,445	0,46	0,44	0,455	0,455	0,44	0,305	8	20	5	150
ЯС4-4,075	33	4,075	0,604	0,626	0,596	0,619	0,619	0,596	0,415	8	19	5	110
ЯС4-5,4	28,5	5,4	0,773	0,859	0,81	0,798	0,798	0,81	0,552	8	17	5	50
ЯС4-6,85	24	6,85	1,02	1,05	1,0	1,04	1,04	1,0	0,7	8	18	5	70

ность умножить на коэффициент  $P$ , определяемый по уравнению

$$P = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t}{T}}},$$

где  $t$  — длительность включения сопротивления, с;  $T$  — постоянная времени нагрева элемента сопротивления, с.

Постоянную времени можно принять:  $T = 400$  с — для чугунных элементов и  $T = 500$  с — для константовых.

### 28-13. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Выключатели автоматические быстродействующие анодные типа  $6 \times \text{ВАТ-43/1-3000}$  и  $6 \times \text{ВАТ-43/1-6000}$  (ранее обозначались  $6 \times \text{ВАБ-43/1-3000}$  и  $6 \times \text{ВАБ-43/1-6000}$ ) предназначены для защиты вентильных преобразователей и преобразовательных транс-

форматоров для автоматического отключения анодов ртутных выпрямителей при обратных токах и применяются в схемах питания мощных ртутных выпрямителей от одного трансформатора, когда пиковые значения токов при обратных значениях могут достигать

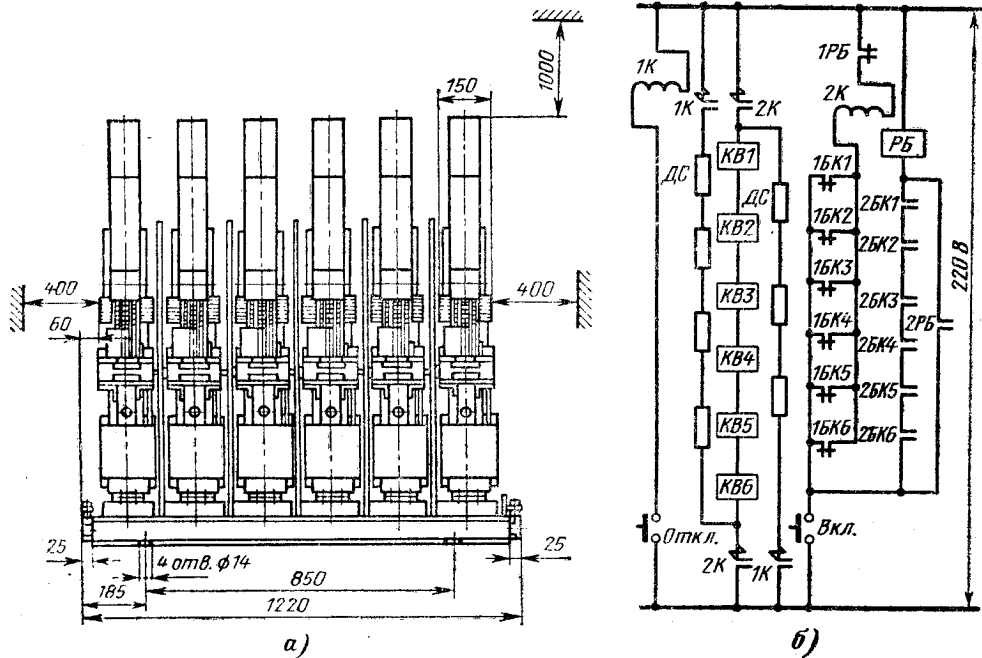


Рис. 28-174. Анодные выключатели типов  $6 \times \text{ВАТ-43/1}$ .

*а* — конструктивное исполнение  $6 \times \text{ВАТ-43/1}$ ; *б* — схема управления выключателями  $6 \times \text{ВАТ-43/1}$ ; *1К*, *2К* — контакторы; *ДС* — добавочное сопротивление; *БК* — блок-контакты полюсов выключателя; *РБ* — блокировочное реле; *КВ* — катушка выключения полюсов выключателя.

форматоров от сверхтоков, возникающих при обратном зажигании ртутных вентилей или пробое полупроводниковых вентилей.

Выключатели  $6 \times \text{ВАТ-43/1}$  состоят из шести независимых, одинаковых по устройству полюсов. Выключатель полностью поляризован, при возникновении обратного тока отключается только тот полюс, через который протекает ток обратного направления.

Быстродействующие неполяризованные агрегаты анодной защиты  $6 \times \text{ВАБ-36}$  пред-

80 000—100 000 А. Агрегат  $6 \times \text{ВАБ-36}$  приобретает свои высокие защитные свойства благодаря одновременному размыканию нескольких полюсов и малому собственному времени отключения. Состоит агрегат из шести независимых совершенно одинаковых по устройству полюсов (выключателей, из которых каждый включен в рассечку фазного вывода силового трансформатора).

Выключатель  $\text{ВАБ-36-1500/15}$  предназначается для защиты цепей постоянного тока от к. з. и недопустимых перегрузок:  $I_n = 1500$  А;  $U_n = 1650$  В.

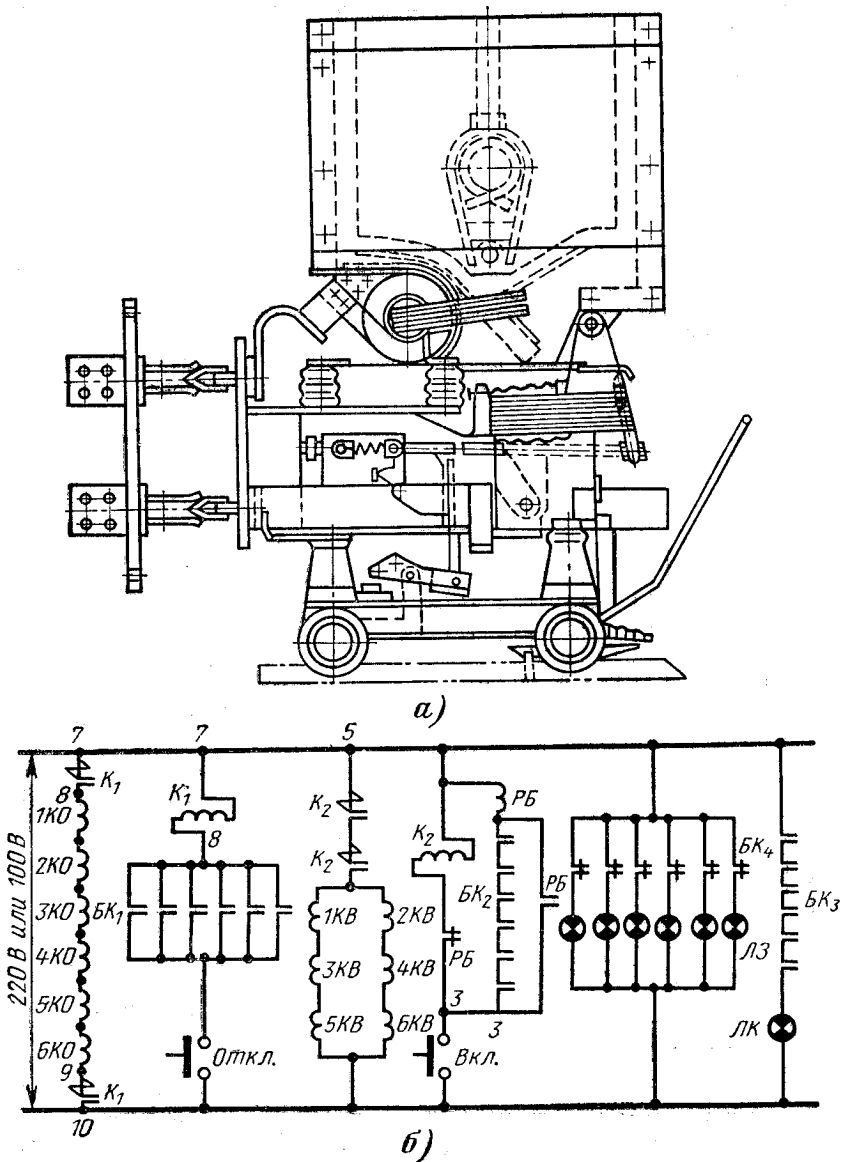


Рис. 28-175. Анодные выключатели типа 6×ВАБ-36.

*a* — конструктивное исполнение 6×ВАБ-36; *б* — схема управления выключателями 6×ВАБ-36;  $K_1$  — контактор отключения;  $K_2$  — контактор выключения;  $PБ$  — реле блокировки;  $BK_1$  —  $BK_4$  — блок-контакты выключателя;  $KВ$  — катушка включения выключателя;  $KО$  — катушка отключения выключателя;  $LК$  — лампа красная;  $LЗ$  — лампа зеленая.

Характеристики выключателей ВАБ-28 (рис. 28-176) приведены в табл. 28-66.

Однополюсные быстродействующие автоматы серии АБЭ предназначены для защиты электрических установок при коротких замыканиях и перегрузках и для несчастных коммутаций цепи. Масса автомата 100 кг, подсоединения к штуцерам автомата осуществляются резиновыми рукавами, имеющими внутренний слой из натурального ка-

учука, нитяную оплетку и наружный слой из маслостойкой резины.

Выключатель АБ-2/4 предназначен для защиты электрических машин, ртутных выпрямителей и фидеров при коротких замыканиях, перегрузках и обратных токах.

Выключатель АБ-2/4 — поляризованный, для защиты каждого агрегата, работающего параллельно с другими агрегатами или на приемники с противо-э. д. с., необходи-

мо применение двух выключателей АБ-2/4: одного для защиты при коротких замыканиях во внешней цепи (поляризованного на прямой ток) и другого для защиты при внутренних повреждениях в агрегате

(поляризованного на обратный ток):  $I_H = 2000$  А;  $U_H = 4000$  В;  $I_y = 380 \div 2000$  А в исполнении I и  $I_{уст} = 1600 \div 4000$  А в исполнении II. Масса — 230 кг.

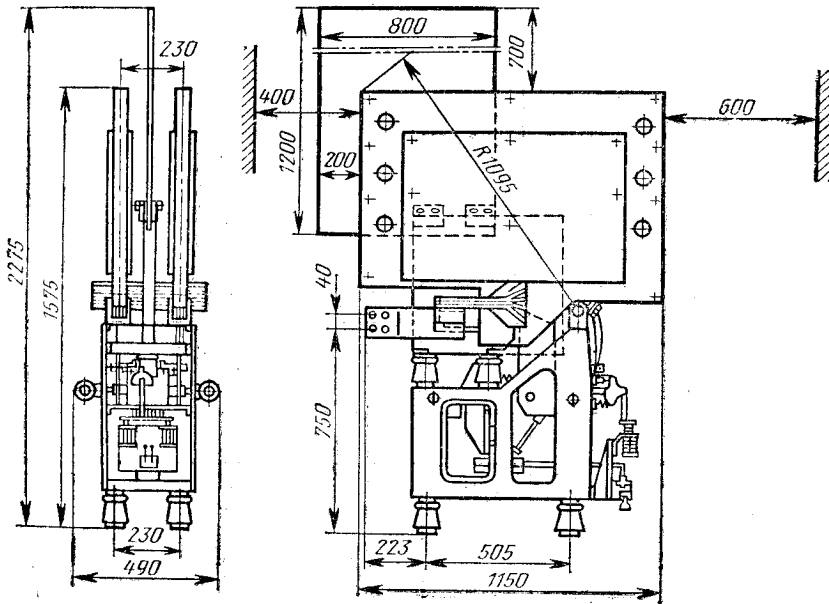


Рис. 28-176. Выключатель ВАБ-28.

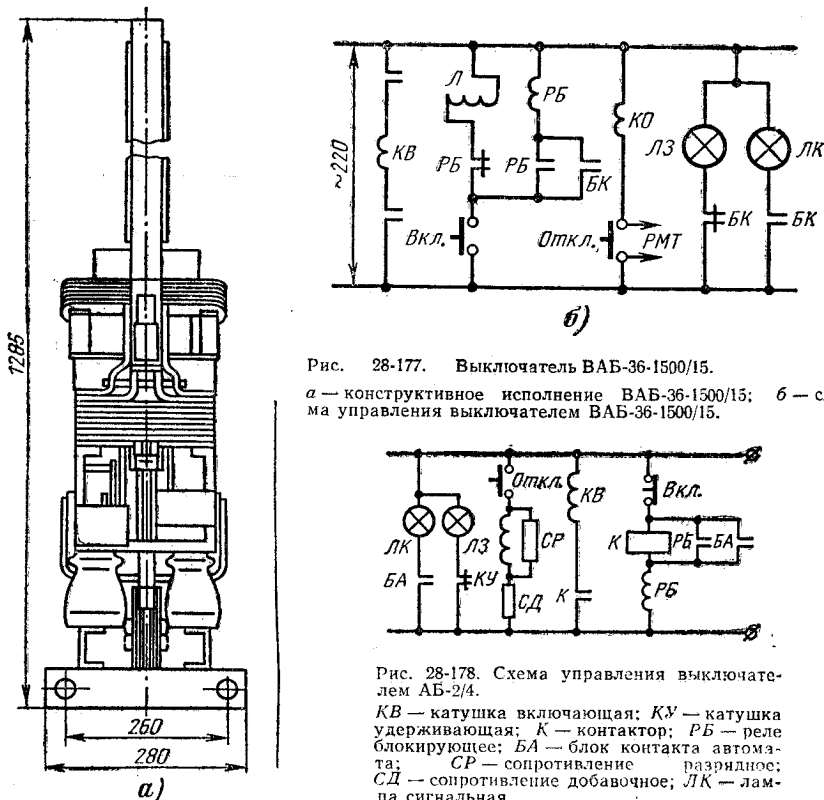


Рис. 28-177. Выключатель ВАБ-36-1500/15.

а — конструктивное исполнение ВАБ-36-1500/15; б — схема управления выключателем ВАБ-36-1500/15.

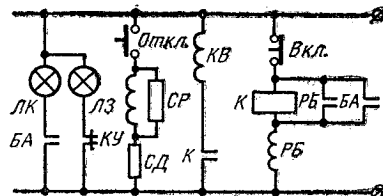


Рис. 28-178. Схема управления выключателем АБ-2/4.

КВ — катушка включающая; КУ — катушка удерживающая; К — контактор; РБ — реле блокирующее; БА — блок контакта автомата; СР — сопротивление разрядное; СД — сопротивление добавочное; ЛК — лампа сигнальная.

Таблица 28-65

## Данные выключателей серии ВАБ

Тип	Напряже- ние, В	Ток, А	Назначе- ние	Тип	Напряже- ние, В	Ток, А	Назначе- ние
6×ВАБ-36	850	6 000	Анодные	ВАБ-28-6000/15К	825	6 000	Катодные
6×ВАТ-43/1-3000	До 1 050	3 000	Анодные	ВАБ-36-1500/15	1 650	1 500	Линейные
6×ВАТ-43/1-6000	825	5 000	»	ВАБ-28-1500/30Ф	3 300	1 500	»
ВАБ-28-1500/30К	3 300	1 500	Катодные	ВАБ-28-3000/15Ф	1 650	3 000	»
ВАБ-43-2000/10К	825	2 000	»	ВАБ-28-3000/30Ф	3 300	3 000	»
ВАБ-28-3000/15К	1 650	3 000	»	ВАБ-42-9000/10Ф	1 050	9 000	»
ВАБ-28-3000/30К	3 300	3 000	»				

Таблица 28-66

## Характеристика выключателей ВАБ-28\* и ВАБ-42

Тип**	Назначение	Номиналь- ный ток, А	Номинальное напряжение, В	Ток установ- ки, А	Датчик отключения
ВАБ-28-1500/30К	Отключение обратных токов	1 500	3 300***	Не норми- руется	Реле обратного тока или размагничива- ющий вихор****
ВАБ-28-3000/30К	То же	3 000	3 300	То же	То же
ВАБ-28-3000/15К	То же	3 000	825***	То же	То же
ВАБ-28-6000/15К	То же	6 000	825	То же	То же
ВАБ-28-1500/30Ф	Отключение короткого за- мыкания	1 500	3 300	800—2 000	РДШ, А***** исполнение
ВАБ-28-3000/30Ф	То же	3 000	3 300	1 600—4 000 2 400—6 000	РДШ, исполнение Б То же
ВАБ-28-3000/15Ф	То же	3 000	825	1 600—4 000 2 400—6 000	То же То же
ВАБ-42-9000/10Ф	То же	9 000	1 050	2 400—6 000 4 000—8 000 6 000—12 000	РДШ-6000

\* Ток удерживания 0,8—1 А; ток включения 60 А.

\*\* К — катодные выключатели; Ф — фидерные.

\*\*\* Номинальному напряжению 825 В соответствует наибольшее рабочее напряжение 1 000 В,

а напряжению 3 300 В — наибольшее рабочее напряжение 4 100 В.

\*\*\*\* РАБ-5А (реле анодное быстродействующее).

\*\*\*\*\* Индуктивный дифференциальный шунт, включая максимальное реле (шунт монтируется отдельно от выключателя).

Таблица 28-67

## Характеристика выключателей 6×ВАТ-43/1, 6×ВАБ-36

Тип	Номинальное на- пряжение, В	Номинальный ток, А		Ток установ- ки, А	Максимальный ток отключения, А	Время отключе- ния, с	Напряжение цепи управления (по- стоянный ток), В	Динамическая устойчивость, А	Масса, кг
		Открытая установка	Установка в шкафу						
6×ВАТ-43/1-3000	1 050	3 200	—	1 200	30 000	0,015	220	25 000—30 000	1 050
6×ВАТ-43/1-6000	1 050	6 300	3 000	2 400	70 000	0,015	110 и 220	25 000—30 000	1 050
6×ВАБ-36	850	6 000	—	5 000	—	0,005	110 и 220	—	1 050

Таблица 28-68

## Характеристика выключателей АБЭ и АБ

Тип	Номинальный ток, кА	Установка тока	Установка скорости нарастания тока, кА/мкс	Расход воды
АБЭ-25	2,5	3,5—6 $I_H$	3,5	—
АБЭ-50	5	2—3,5 $I_H$	5,2	200
АБЭ-100	10	2—3,5 $I_H$	6	200
АБЭ-150	15	2—3,5 $I_H$	7,5	400

## РАЗДЕЛ ДВАДЦАТЬ ДЕВЯТЫЙ

## СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

## 29-1. ДВУХОБОМОТОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

## А) ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДВУХОБОМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Таблица 29-1

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х.х., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
<i>Трехфазные двухобмоточные трансформаторы</i>								
ТМ-5/6*	5	6	0,4	0,06	1,185	10	5,5	—
ТМ-5/10*	5	10	0,4	0,09	1,185	10	5,5	—
ТМ-10/6*	10	6	0,4	0,105	0,335	10	5,5	—
ТМ-10/10*	10	10	0,4	0,14	0,335	10	5,5	—
ТМ-20/6*	20	6,3	0,4	0,18	0,6	9	5,5	140
ТСМ-20/6*	20	6,3	0,4	0,155	0,515	9,5	4,5	—
ТМ-20/10*	20	10	0,4	0,22	0,6	10	5,5	180
ТМ-25/6	25	6,3	0,4 0,23	0,105—0,125	0,6—0,69	3,2	4,5—4,7	230
ТСМ-20/10*	20	10	0,4	0,155	0,515	9,5	4,5	—
ТМ-25/10	25	10	0,4 0,23	0,105—0,125	0,6—0,69	3,2	4,5—4,7	230
ТНЗ-25/10	25	10	0,4 0,23	0,12	0,49	3	4,5	1650
ТМ-30/6*	30	6,3	0,4	0,25	0,85	8	5,5	150
ТМ-30/10*	30	10	0,4	0,3	0,85	9	5,5	200
ТСМ-35/6*	35	6,3	0,4	0,23	0,83	8,5	4,5	—
ТСМ-35/10*	35	10	0,4	0,23	0,83	8,5	4,5	—
ТМ-40/6	40	6,3	0,23	0,24	0,88	4,5	4,5	270
ТМ-40/10	40	10	0,4	0,15—0,18	0,88—1,0	3,0	4,5—4,7	270

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. з., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. з.	к. з.			
ТНЗ-40/10	40	3; 6; 10	0,4 0,23	0,15	0,85	3	4,5	1850
ТМ-50/6*	50	6,3	0,525	0,35	1,325	7	5,5	180
ТМ-50/10*	50	10	0,4	0,44	1,325	8	5,5	230
ТМ-50/20*	50	20	0,4	0,5	—	9	5,5	—
ТСМ-60/6*	60	6,3	0,525	0,35	1,3	7,5	4,5	—
ТСМ-60/10*	60	10	0,525	0,35	1,3	7,5	4,5	—
ТМ-63/6	63	6,3	0,4 0,23	0,36	1,28—1,47	4,5	4,7	310
ТМ-63/10	63	10	0,4 0,23	0,22 0,265	1,28—1,47	2,8	4,5—4,7	310
ТМ-63/20	63	20	0,4 0,23	0,245 0,29	1,28—1,47	4,43	5—5,3	580
ТМ-100/6*	100	6,3	0,525	0,6	2,4	6,5	5,5	257
ТСМ-100/6*	100	6,3	0,525	0,5	2,07	6,5	4,5	—
ТМ-100/10*	100	10	0,525	0,73	2,4	7,5	5,5	300
ТСМ-100/10*	100	10	0,525	0,5	2,07	6,5	4,5	—
ТМ-100/6	100	6,3	0,4; 0,23	0,31—0,365	1,97—2,27	2,6	4,5—4,7	405
ТМ-100/10	100	10	0,4; 0,23	0,31—0,365	1,97—2,27	2,6	4,5—4,7	405
ТМ-100/35*	100	35	0,525	0,9	2,4	8	6,5	440
ТМ-100/35	100	20; 35	0,4; 0,23	0,39—0,465	1,97—2,27	4,16	6,5—6,8	760
ТМ-160/6-10	160	6,3; 10	0,4; 0,23 0,69	0,46—0,54	2,65—3,1	2,4	4,5—4,7	550
ТМ-160/35	160	35	0,23; 0,4; 0,69	0,56—0,66	2,65—3,1	2,4	6,5—6,8	920
ТМ-180/6*	180	6,3	0,525	1,0	4,0	6	5,5	385
ТСМ-180/6*	180	6,3	0,525	0,8	3,2	6	4,5	—
ТМ-180/10*	180	10	0,525	1,2	4,1	7	5,5	410
ТСМ-180/10*	180	10	0,525	0,8	3,2	6	4,5	—
ТМ-180/35*	180	35	10,5	1,5	4,1	8	6,5	595
ТМ-250/10	250	10	0,4 0,23	1,05	3,7—4,2	2,3— 3,68	4,5—4,7	790

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТНЗ-250/10	250	10	0,69	—	—	—	—	—
ТМ-250/35	250	35	0,23 0,4 0,69	0,96	3,7—4,2	2,3	6,5—6,8	1 150
ТМ-320/6*	320	6,3	0,525	1,6	6,07	6	5,5	510
ТСМ-320/6*	320	6,3	0,525	1,35	4,85	5,5	4,5	—
ТМ-320/10*	320	10	0,525	1,9	6,2	7	5,5	540
ТСМ-320/10	320	10	0,525	1,35	4,65	5,5	4,5	—
ТМ-320/35*	320	35	10,5	2,3	6,2	7,5	6,5	1 100
ТМ-400/10	400	10	0,23 0,69 0,4	0,92—1,08	5,5—5,9	2,1— 3,0	4,5	1 100
ТНЗ-400/10	—	—	—	—	—	—	—	5 411
ТМ-400/35	400	35	0,23 0,69 0,4	1,15—1,35	5,5—5,9	2,1	6,5	1 650
ТСМ-560/6*	560	6,3	0,525	2,0	7,2	5	4,5	—
ТМ-560/10*	560	10	0,525	2,5	9,4	6	5,5	848
ТСМ-560/10*	560	10	0,525	2,0	7,2	5	4,5	—
ТМ-560/35*	560	35	10,5	3,35	9,4	6,5	6,5	1 000
ТМН-560/35*	560	35	0,4	6,0	10,5	—	6,5	1 000
ТНЗ-630/10	630	—	—	—	—	—	—	4 615
ТМ-630/10	630	10	3,15 0,23 0,4 0,69	1,42—1,68	7,6—8,5	2,0— 3,0	5,5	1 670
ТМ-630/35	630	20 35	0,4 0,69 11	1,7—2,0	7,6	2,0	6,5	2 200
ТМ-630/20—35	630	20 35	0,4 0,69 10,5	2,45	6,3	1,97	6,5	2 200
ТМ-750/10*	750	10	0,525	4,1	11,9	6	5,5	1 190
ТМ-1000/6	1 000	6,3	0,4; 0,69; 3,15; 0,525	2,3—2,75	12,2	1,5	8	2 600
ТМ-1000/10*	1 000	10	6,3	4,9	15,0	5	5,5	1 490
ТМ-1000/10	1 000	10	0,4 0,69 0,525 3,15 6,3	2,1—2,45	12,2—11,6	1,4— 2,8	5,5	2 600
ТНЗ-1000/10	1 000	10	—	—	—	—	—	8 500



Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВт·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х., %	Напряжение х. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТМ-1000/35*	1 000	35 20	10,5	5,1	15,0	5,5	6,5	1 690
ТМ-1000/35	1 000	20	0,4 10,5	2,35—2,75	12,2—11,6	1,5	6,5	3 400
ТМ-1000/35	1 000	35	0,4 10,5	2,35—2,75	10,6	1,4	6,5	3 400
ТМН-1000/35*	1 000	35	10,5	6,0	14,0	—	6,5	4 580
ТМН-1000/35	1 000	35	11	2,35—2,75	11,6	1,5	6,5	11 600
ТМН-1000/35	1 000	35	0,69	2,35—2,75	12,2	1,5	6,5	11 600
ТМ-1600/10	1 600	10	0,4 0,69 3,15	2,8—3,3	18,0	1,3 2,6	5,5	3 750
ТМ-1600/10	1 600	10	6,3	2,8—3,3	16,5	1,3	5,5	3 750
ТМН-1600/10	1 600	10	0,69	2,8—3,3	18	1,3—2,6	5,5	—
ТМН-1600/10	1 600	10	6,3	2,8—3,3	16,5	1,3	5,5	—
ТМ-1600/35	1 600	35	0,69 10,5	3,1—3,65	18,0 16,5	1,4	6,5	4 175
ТНЗ-1600/10	1 600	10	—	—	—	—	—	9 220
ТМН-1600/35	1 600	35	0,69 11	3,1—3,65	18 16,5	1,4	6,5	12 215
ТМ-1800/10*	1 800	10	6,3	8,0	21,0	4,5	5,5	2 380
ТМ-1800/35*	1 800	35	10,5	8,3	21,0	5	6,5	2 450
ТМН-1800/35*	1 800	35	10,5	9,0	21,0	—	6,5	5 440
ТМ-2500/10	2 500	10	0,69—10,5	3,9—4,6	25,0—23,5	1,0	5,5	4 900
ТМН-2500/10	2 500	10	—	—	—	—	—	—
ТМ-2500/35	2 500	35	0,69 10,5	4,35—5,1	25,0—23,5	1,1	6,5	5 400
ТМН-2500/35	2 500	35	0,69—11	4,35—5,1	25—23,5	1,1	6,5	14 290
ТМН-2500/110	2 500	110	6,6; 11; 22	5,0—6,5	22	1,5	10,5	23 650
ТДН-2500/110*	2 500	110	11	16	23	6	10	—
ТАМН-2500/110*	2 500	110	11	16	23	6	10	—
ТДН-2500/150*	2 500	150	11	17	26,5	6	11	—
ТАМН-2500/150*	2 500	150	11	17	26,5	6	11	—
ТМ-3200/10*	3 200	10	6,3	11,0	37	4	5,5	3 140
ТМ-3200/35*	3 200	38,5	10,5	11,5	37	4,5	7	3 370
ТМН-3200/35*	3 200	35	10,5	13,2	31,0	—	7	6 250

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВт·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТМ-4000/10	4 000	10	6,3	5,45—6,4	33,5	0,9	6,5	6 500
ТМН-4000/10	4 000	10	6,3	5,45—6,4	33,5	0,9	6,5	—
ТМ-4000/35	4 000	35	10,5	5,7—6,7	34,77	1,3	7,5	6 900
ТМН-4000/35	4 000	35 20	11; 6,3	5,7—6,7	33,5	1,0	7,5	15 010
ТМ-5600/10*	5 600	10	6,3	18	56	4	5,5	4 400
ТМ-5600/35*	5 600	38,5	10,5	18,5	57	4,5	7,5	4 850
ТМН-5600/35*	5 600	35	10,5	19,5	57,0	—	7,5	—
ТМГ-5600/110*	5 600	121	38,5	25,5	62,5	4,5	10,5	8 400
ТМ-6300/10	6 300	10	10,5	7,65—9,0	46,5	0,8	6,5	8 500
ТМН-6300/10	6 300	—	—	—	—	—	—	—
ТМ-6300/35	6 300	35 20	10,5 11,0	8,0—9,4	46,5	0,9	7,5	8 800
ТМ-6300/35	6 300	20 35	3,15 6,3 10,5	9,4	47,5	1,17	7,5	8 800
ТМН-6300/35	6 300	35	6,3 10,5 11	8,0—9,4	46,5	0,9	7,5	—
ТМ-6300/110	6 300	110 121	6,6 11	27,3	55,16	3,72	10,5	15 800
ТМН-6300/110	6 300	115	6,6 11 22 38,5	10—13	50	1,0	10,5	29 900
ТМ-7500/35*	7 500	38,5	11	24	75	3,5	7,5	5 800
ТМГ-7500/110*	7 500	121	38,5	33,0	77	4	10,5	9 600
ТД-10000/35*	10 000	38,5	11	29	92	3	7,5	6 920
ТД-10000/35	10 000	38,5	6,3—10,5	12,3—14,5	65	0,8	7,5	13 200
ТДН-10000/35*	10 000	38,5	11	24	90	4	14,4	11 000
ТДН-10000/35	10 000	38,5 36,75	11 10,5	22 12,3—14,5	78—65	2,5 0,8	14 8	—
ТДНС-10000/35	10 000	38,5 36,75	11 6,3	22 12,3—14,5	78—85	2,5 0,8	14 14	19 500
ТМН-10000/110	10 000	115	6,6—38,5	14—18	60	0,9	10,5	25 000
ТДГ-10000/110*	10 000	121	38,5	38,5	97,5	3,5	10,5	11 000
ТДГ-10000/150*	10 000	154	3,3	42	95	4,0	14,6	—
ТДН-10000/110	10 000	110 115	6,6 11	27	74	0,9	10,5	27 500
ТАМН-10000/110*	10 000	115	11	37	74	4,0	10,5	—
ТДНГ-10000/110	10 000	115	11 6,6	27—37	74	4,0	10,5	—

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х. %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТДНГ-10000/110*	10 000	121	11	38	95	4,5	13,2	18 900
ТЦГ-10000/150	10 000	169	6,3	42	91	5,0	14,3	—
ТД-15000/35*	15 000	38,5	11	39	122	3	8	8 800
ТДН-15000/35*	15 000	38,5	6,6	40	120	4	8,2	13 900
ТДН-15000/35*	15 000	38,5	6,6	40	125	4	8,2	—
ТДН-15000/35*	15 000	18	6,6	40	125	4	10,0	—
ТДНС-15000/35*	15 000	18	6,6	40	125	4	10	—
ТДНС-15000/35*	15 000	38,5	6,6	40	125	4	8,2	—
ТДГ-15000/110*	15 000	121	38,5	50	133	3,5	10,5	13 500
ТДН-15000/110*	15 000	115	11; 6, 6	40	130	4,5	10,5	32 000
ТДНГ-15000/110*	15 000	112	6,6	50	115	4,5	10,7	23 000
ТДНГ-15000/110*	15 000	115	11; 6,6	30—40	130	4,5	10,5	—
ТАМН-15000/110	15 000	115	11	50	130	4,5	10,5	—
ТДГ-15000/150	15 000	154	3,3; 6,6	63	127	4,6	11,5	30 600
ТД-16000/35	16 000	38,5	10,5	17,8—21	90	0,75	8	18 200
ТДНС-16000/35	16 000	36,75	6,3	17,8—23	105	0,75	10	26 000
ТД-16000/110	16 000	121	6,3; 10,5	45—58	104	2,8	10,5	27 000
ТДН-16000/110	16 000	115	22; 38,5	21—26	85	0,85	10,5	48 000
ТДН-16000/150	16 000	158	6,6—11	21	85	0,8	11	—
ТД-20000/35*	20 000	38,5	11	48	148	2,5	2,5	10 400
ТДН-20000/35*	20 000	38,5	6,6	50	130	3,5	8,3	15 600
ТДН-20000/35*	20 000	38,5	6,6	50	146	3,5	8,3	—
ТДНС-20000/35*	20 000	38,5	6,6	50	146	3,5	8,3	—
ТДГ-20000/110*	20 000	121	38,5	60	163	3	10,5	16 300
ТДН-20000/110*	20 000	112	11	62	153	4,5	10,5	—
ТАМН-20000/110*	20 000	112	11	62	153	4,5	10,5	—
ТДНГ-20000/110*	20 000	112	11	62	150	4,5	11,6	25 600
ТДН-25000/35	25 000	36,75	10,5	24,5—29	125	0,7	8	—
ТДН-25000/110	25 000	112	11; 6,6	33—41	120	2	10,5	—
ТД-31500/35*	31 500	38,5	11	73	180	2	8	16 000
ТДН-31500/35*	31 500	38,5	10,5	73	160	3,5	8	—
ТДНС-31500/35*	31 500	38,5	10,5	73	160	3,5	8	—
ТДГ-31500/110*	31 500	121	38,5	86	200	2,7	10,5	19 800
ТДН-31500/110	31 500	115	11	57	195	4	11,6	48 000
ТДН-31500/110	31 500	110	6,6	—	—	—	—	—
ТДНГ-31500/110*	31 500	112	10,5	95	195	4	11,6	33 000
ТДГ-31500/150*	31 500	150	6,6	110	205	4	12,5	—
ТДГ-31500/220*	31 500	220	11	115	220	4,2	14	—
ТД-40000/35	40 000	38,5	10,5	33—39	180	0,65	8,5	—
ТД-40000/110	40 000	121	6,3	42—52	175	0,7	10,5	—
ТД-40000/110	40 000	121	10,5	—	—	—	—	—
ТДН-40000/110*	40 000	115	11—6,6	80—110	215	4	10,5	58 300
ТД-40500/35*	40 500	38,5	11	94	220	2,3	8,5	19 600
ТДГ-40500/110*	40 500	121	38,5	115	222	2,6	10,5	24 400
ТДН-40500/110	40 500	115	11	125	220	3,6	10,5	—

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ГДНГ-40500/110	40 500	115	10,5	—	100	3,4	10,9	53 000
ГДГ-40500/220	40 500	220	11	125	350	4,2	14	—
ГДГ-60000/110*	60 000	121	38,5	150	300	3,6	11,5	32 800
ГДН-60000/110*	60 000	115	11	150	275	4	10,5	—
ГДНГ-60000/110	60 000	115 112	11; 6,3	110	275	—	—	62 000
ГДГ-60000/150	60 000	150	6,6	165	305	3,5	12	61 000
ГДГ-60000/220*	60 000	242	13,8	125	390	4	14	—
ГДНГ-63000/110	63 000	115	11 6,6	59—73	260	3	0,65	65 000
ГДГ-65000/150	65 000	165	13,8	178	322	3,3	12,8	64 000
ГДГ-70000/110*	70 000	121	13,8	135	390	3,5	13,2	—
ГДГ-70000/150	70 000	169	13,8	178	362	3,3	14	—
ГД-75000/35*	75 000	38,5	10,5	130	322	3	8,5	—
ГДГ-75000/110*	75 000	121	10,5	—	—	—	10,5	—
ГДЦ-80000/35	80 000	38,5	6,3 10,5	129	359,4	1,5	9,12	56 100
ГД-80000/110	80 000	121	6,3 10,5 13,8	120—150	390	3	10,5	62 000
ГДЦНГУ-80000/110	80 000	115	6,3 10,5	130	350	—	—	82 000
ГДЦГ-90000/220*	90 000	242	6,3 10,5 13,8	255	400	3,8	12,2	108 000
ГДЦ-125000/110	125 000	121	10,5 13,8 15,75	165—225	550	3,5	10,5	96 100
ГДЦГ-125000/150	125 000	165	10,5	280	560	3,5	12	—
ГДЦГ-125000/220*	125 000	242 220	10,5 10,5	255	620	3,5	12	129 000
ГДЦГ-180000/110*	180 000	121	18	420	680	3,2	10,5	—
ГДЦГ-180000/220*	180 000	242	18 15,75	320	760	3,2	12	152 000
ГДЦГ-180000/330	180 000	347	18	320	800	3	12,65	—
ГДЦ-200000/110	200 000	121	13,8	315	730	2,5	10,5	140 000
ГДЦ-200000/220	200 000	242	18 15,75 13,8	160—210	730	—	11	166 000
ГДЦГ-200000/330	200 000	347	18	240—400	770	2,0	12	174 000
ГДЦ-206300/500	206 000	525	20 18 15,75	255—300	740	1,5	13	260 000

Продолжение табл. 29-1

Тип	Мощность, кВт·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х, х %	Напряженье к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТДЦ-250000/110	250 000	121	13,8 15,75 18	245	730	—	—	164 000
ТДЦ-250000/220 ТДЦГ-275000/220*	250 000 275 000	242 242	15,75 15,75	370 435	925 1 050	1,5 3	10,9 11	179 000 —
ТДЦГ-250000/330	250 000	347	15,75	275—455	915	2	12	190 000
ТДЦГ-360000/220* ТДЦ-400000/110 ТДЦГ-400000/110* ТДЦ-400000/150	360 000 400 000 400 000 400 000	242 121 121 165	20 20 20 20	475 230 — 325	1 450 1 350 — 1 320	2,5 0,8 3 2	13 10,5 10,5 11	233 000 220 000 — 227 000
ТДЦ-400000/220	400 000	242	20 15,75	200—330	1 300	0,8—1,5	10,7	246 000
ТДЦ-400000/330	400 000	347	20	250	1 170	0,5	12,87	270 000
ТДЦ-400000/500	400 000	525	15,75 20	370	940	0,35	12,6	—
ТЦ-630000/220 ТДЦГ-630000/220*	630 000 630 000	242 242	15 15,75	295 —	1960 —	0,8 —	12,7 13	— —
ТДЦ-630000/330	630 000	347	20 15,75	—	—	—	—	—
ТДЦ-125000/400	125 000	420	13,8	145	375	0,5	12,5	—
<i>Однофазные двухобмоточные трансформаторы</i>								
ОДГ-10500/110*	10 500	121	11	29,5	81,5	3,3	10,5	9 500
ОДГ-10500/110*	10 500	110	6,6 11	29,5	81,5	3,3	10,5	—
ОДГ-20000/110* ОДГ-20000/150*	20 000 20 000	121 160	11 10,5	47 63,2	129 119,7	2,85 2,9	10,5 11,4	14 200
ОДГ-20000/220*	20 000	242	6; 11	71	128	3,25	13	—
ОДГ-30000/150*	30 000	165	13,8	92,55	150,55	2,9	10,5	—
ОДГ-40000/110*	40 000	121	13,8	84	216	2,5	10,5	24 500
ОДГ-40000/220*	40 000	242	13,8	105,6	202,4	2,32	13,6	—
ОДГ-50000/110*	50 000	121	13,8	107	222	2	10,5	28 700
ОДГ-50000/220*	50 000	242	10,5	146	217	2,94	12,3	—
ОДГ-60000/220*	60 000	242	18	145	279,75	2,4	13,82	—
ОД-66667/220	66 667	230	11	—	—	—	12,6	83 000
ОДЦГ-135000/500*	135 000	500	13,8	500	600	4	13,4	—
ОДЦ-150000/400	150 000	20/√3	15/15	120	485	0,5	12,5	—
ОДЦГ-210000/500	210 000	525	15,75 20	—	—	—	13,3	170 000
ОЦ-417000/500	417 000	525/√3	15,75	290	1 200	0,4	13	326 000

\* Выпуск прекращен.

**6) ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАСЩЕПЛЕННОЙ ОБМОТКОЙ НН**  
 (ДАННЫЕ РАЗМЕРОВ СМ. В ТАБЛ. 29-3)

Таблица 29-2

**Технические данные трансформаторов с расщепленной обмоткой НН**

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ		Потери, кВт		Ток х. х., %	Напряжение к. з. на номинальной ступени, %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТРДН-25000/35	25 000	36,75	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	24—29	145	0,7	ВН—НН—9,5; НН1—НН2— не менее 15	70 500
ТРДН-25000/110	25 000	115	6,3/6,3 6,3/10,5 10,5/10,5	36	120	0,8	ВН—НН—10,5	55 100
ТРДН-31500/110	31 500	115	22 38,5 6,3	95	195	4	ВН—НН—10,5; НН1—НН2— не менее 20	—
ТРДН-32000/35	32 000	36,75	10,5	28—33	—	0,7	ВН—НН—11,5; НН1—НН2— не менее 20	37 000
ТРДН-32000/110	32 000	115	10,5—6,3	57—95	195	3	ВН—НН—10,5;	63 800
ТРДН-32000/150	ВН—32 000, НН1—16 000, НН2—16 000	158— 150	6,3—11	72—105	175	3,5	ВН—НН—10,5; НН1—НН2— не менее 20	55 600
ТРДН-32000/220	32 000	230	10,5/10,5 6,3/6,3 38,5	125	215	4,5	ВН—НН— 12,0	—
ТРДНГ-32000/220	32 000	230	10,5/10,5 6,3/6,3 6,3/10,5 38,5	125	215	4,5	ВН—НН—12,0	69 000
ТРДН-40000/35	40 000	36,75	10,5/10,5 6,3/6,3 6,3/10,5	33—39	225	2	ВН—НН— не менее 9,5; НН1—НН2—15	47 100
		20	6,3/6,3 6,3/10,5				ВН—НН—14,5; НН1—НН2— не менее 15	
ТРДН-40000/110	40 000	115	6,3/6,3 6,3/10,5 10,5/10,5 22 38,5	42— 58,7	166,8	0,41—1,208	ВН—НН—10,41	65 000
ТРДНГУ-40500/110	40 500	115	—	87	210	—	—	55 000
ТРДН-63000/35	63 000	36,75	10,5/10,5	48—55	280	—	ВН—НН—11,5; НН1—НН2— не менее 20	—
ТРДН-63000/110	63 000	115	6,3/6,3 10,5/10,5 6,3/10,5 22 38,5	59—73	260	0,65	ВН—НН—10,5	—
ТРДЦНГ-63000/220	63 000	230	6,3/6,3 10,5/10,5 22 38,5	137	345—360	4	ВН—НН—12,2	111 000
ТРДЦН-63000/110	63 000	115	6,3/10,5 10,5/10,5 6,3/6,3 22 38,5	58,8— 82	256,5	0,51—1,16	10,84	—
ТРДН-80000/110	80 000	115	6,6/6,6 10,5/10,5	100— 120	520	0,55	ВН—НН—10,5	—

Примечания к таблицам 29-1, 29-2:

1. Большое значение потерь х. х. относится к трансформаторам, в которых использована электротехническая сталь толщиной 0,35 мм марки Э-330А по ГОСТ 802-58 с жаростойким покрытием и отжигом пластин.

2. Обозначения типов силовых трансформаторов: первая буква — число фаз (О — однофазный; Т — трехфазный); вторая буква — система охлаждения (М — естественное масляное; Д — масляное

с дутьем; Ц — масляное с принудительной циркуляцией; С — естественное, воздушное, без масла); третья буква — число обмоток, Н — регулирование под нагрузкой, Э — для электрифицированных железных дорог.

3. Все трансформаторы 110 кВ и выше выполняются в грозоузорном исполнении.

4. По условиям транспортировки вопрос поставки трансформаторов 400 МВ·А и более должен быть согласован с заводом не позднее чем за 18 мес. до срока поставки.

Таблица 20-3

в) МАССА И РАЗМЕРЫ ДВУХОБОМОТЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАСЩЕЛЕННОЙ ОБМОТКОЙ.

Масса и размеры двухобмоточных трансформаторов

Тип	Масса, кг				Размеры, мм				Расстояние между осями катушек при передвижении по ширинке стороны Д, мм	№ рисунка			
	Трансформатора	масла	выемной части с крышками и расширителем	кожуха с арматурой	отправочная часть, отдельные	масла, подтекает при монтаже	Высота до точек А	крышки В			Длина В	Расстояние В <sub>1</sub>	Ширина Г
ТМ-20/6*	385	125	150	90	365	—	1 085	815	920	—	780	500	29-1, а
ТМ-20/10*	460	160	220	80	460	—	1 250	945	1 170	—	600	550	29-1, а
ТСМ-20/6-10*	295	130	140	43	295	—	950	615	850	460	380	370	29-1, б
ТМ-25/6-10	365	80	153	—	—	—	1 210	775	1 120	—	440	450	29-2, а
ТНЗ-25/6-10	500	—	—	—	—	—	805	938	938	—	606	—	29-3, а
ТМ-30/6*	460	145	200	115	460	—	1 155	885	970	—	800	560	29-1, а
ТМ-30/10*	530	170	275	85	530	—	1 335	905	1 070	595	600	560	29-1, а
ТСМ-35/6-10*	355	105	185	62	355	—	1 230	815	945	490	395	380	29-1, б
ТМ-40/6-10	470	160	207	—	—	—	970	938	1 075	—	465	500	29-2, б
ТНЗ-40/10	630	—	—	—	—	—	1 320	1 000	1 060	—	700	—	29-3, а
ТМ-50/6*	600	210	250	140	600	—	1 495	1 065	1 270	710	835	—	29-1, а
ТМ-50/10*	750	280	360	110	750	—	1 495	1 065	1 270	710	790	—	—
ТСМ-60/6-10*	480	130	255	78	480	—	1 040	695	905	535	905	440	29-1, б
ТМ-63/6-10	600	190	270	—	—	—	1 385	945	1 075	—	520	500	29-2, б
ТМ-63/20	700	250	311	—	—	—	1 680	1 160	992	—	775	550	29-2, б
ТМ-100/6*	890	280	450	160	890	—	1 485	1 055	1 170	600	850	778	29-4, а
ТМ-100/10*	1 000	345	475	180	1 000	—	1 560	1 130	1 300	715	890	780	29-4, а
ТСМ-100/6-10*	610	170	345	—	610	—	1 105	760	1 065	570	925	480	29-1, б
ТМ-100/20	1 160	445	453	174	1 170	—	1 680	1 115	1 190	—	775	550	29-2, б
ТМ-100/6-10	715	220	351	107	220	—	1 485	1 005	1 150	—	800	550	29-2, б
ТМ-100/35*	1 510	600	640	270	1 510	—	1 820	1 175	1 580	—	1 090	660	—
ТМ-100/35*	1 235	480	456	180	420	—	2 130	1 420	1 190	—	895	550	29-2, б
ТМ-160/6-10	1 100	335	487	113	—	—	1 585	1 150	2 100	—	1 000	550	29-2, б
ТМ-160/35	1 685	575	725	—	—	—	2 280	1 600	1 400	—	1 000	660	29-2, б
ТМ-180/6*	1 230	345	605	280	1 230	—	1 505	1 070	1 620	600	1 050	660	29-4, а
ТМ-180/10*	1 360	430	660	270	1 360	—	1 695	1 220	1 570	760	910	660	29-4, а
ТСМ-180/6-10*	955	245	500	—	955	—	1 365	855	1 580	615	965	550	29-4, а
ТМ-180/35*	2 040	780	920	340	2 040	—	2 065	1 375	2 340	1 440	1 050	820	29-4, б
ТМ-250/6-10	1 900	340	643	—	—	—	1 720	1 225	1 265	—	1 040	550	29-2, б
ТНЗ-250/10	1 800	—	—	—	—	—	1 620	—	1 280	—	1 070	—	29-3, б
ТМ-250/35	2 000	710	850	—	—	—	2 200	1 655	1 450	760	1 250	660	29-2, б
ТМ-320/6-10*	1 730	480	880	370	1 770	—	1 685	1 290	1 860	800	1 210	660	29-4, а
ТСМ-320/6-10*	385	750	750	—	385	—	1 645	1 075	1 820	680	1 120	550	29-4, а
ТМ-320/35*	2 750	970	1 300	430	2 750	—	2 140	1 460	2 390	1 340	1 390	820	29-4, б
ТМ-400/6-10	1 850	500	1 900	—	—	—	1 800	—	1 345	—	1 120	660	29-5, а

Трёхфазные двухобмоточные трансформаторы

Продолжение табл. 29-3

Тип	Масса, кг				Размеры, мм				Расстояние между осями катушек при передаче тока по ширине D, мм	№ рисунка				
	трансформатора под-нав	масла	выемной части с крышкой и расширителем	кожуха с арматурой	отрабочная	частей, от-правляемых отдельно	масла, подде-ляние за-место за-монтажа	Высота до						
								на высоте точки			крышки	Длина В	Рас-стояние В <sub>1</sub>	Ширина Г
ТМ-400/35	2 675	800	1 100	—	—	—	—	2 500	1 750	1 650	—	1 350	820	29-2, е
ТНЗ-400/10	2 300	—	—	—	—	—	—	1 725	—	1 380	—	1 250	—	29-3, б
ТМ-560/10*	3 040	1 000	1 460	580	3 040	—	—	2 210	1 450	2 270	1 180	1 360	820	29-4, а
ТСМ-560/6-10*	2 150	630	1 115	—	2 150	—	—	2 030	1 425	2 020	710	1 250	550	29-4, а
ТМ-560/35*	3 930	1 310	1 900	720	3 930	—	—	2 450	1 690	2 380	1 300	1 270	820	29-4, а
ТМН-560/35*	6 650	2 950	2 190	1 510	6 650	—	—	3 470	2 255	3 720	2 080	1 280	1 070	29-14, а
ТНЗ-630/10	3 000	—	—	—	—	—	—	1 795	—	1 500	—	1 290	—	29-3, б
ТМ-630/10	2 900	770	1 415	—	—	—	—	1 950	—	1 750	—	1 275	820	29-5, б
ТМ-630/35	3 100	1 000	1 300	—	—	—	—	2 630	2 000	2 050	—	1 300	820	29-5, б
ТМ-630/35-20	3 100	1 000	1 300	—	3 100	—	—	2 750	2 100	2 100	—	1 210	820	29-5, б
ТМ-750/10*	4 270	1 550	1 900	820	4 270	—	—	2 470	1 710	2 405	1 250	1 520	1 070	29-1, а
ТМ-1000/10*	4 980	1 680	2 380	920	4 980	—	—	2 570	1 810	2 570	1 415	1 660	1 070	29-1, а
ТМ-1000/35*	6 380	2 170	2 850	1 350	6 380	—	—	3 050	2 040	2 810	1 560	1 670	1 070	29-4, а
ТМН-1000/35*	8 780	3 615	3 400	1 765	8 780	—	—	3 785	2 615	3 930	2 200	1 320	1 070	29-14, а
ТМ-1000/6-10	4 420	1 225	2 000	—	—	—	—	2 580	—	2 115	—	1 250	1 070	29-5, а
ТНЗ-1000/10	4 950	—	—	—	—	—	—	2 010	—	2 250	—	1 380	—	29-3, а
ТМН-1000/10	6 620	270	2 640	1 420	—	—	—	3 180	2 190	2 570	1 430	2 000	1 070	29-5, а
ТМ-1000/35	5 430	2 025	2 370	900	—	—	—	2 840	1 850	2 570	—	1 500	1 070	29-5, а
ТМ-1000/35А	5 700	1 950	2 400	980	5 700	—	—	2 840	1 850	2 570	—	1 595	1 070	29-6, а
ТМН-1000/35	8 020	2 900	2 384	—	—	—	—	3 090	1 865	3 500	—	1 540	1 070	29-8, б
ТНЗ-1600/10	7 200	—	—	—	—	—	—	2 100	—	2 530	—	1 450	—	29-3, а
ТМ-1600/10А	6 500	2 300	2 900	1 022	6 400	50	—	3 120	—	2 270	1 215	2 270	1 070	29-6, б
ТМ-1600/10	5 870	1 465	2 920	—	—	—	—	2 775	—	2 300	—	1 360	—	29-5, а
ТМ-1600/35	6 950	2 230	3 080	—	—	—	—	3 170	2 150	2 620	—	1 580	1 070	29-5, а
ТМ-1600/35А	7 100	2 430	3 230	1 038	6 380	—	—	3 120	2 150	2 270	—	2 185	1 070	29-6, б
ТМН-1600/35	9 600	3 350	3 172	1 600	—	—	—	3 950	3 500	3 500	—	2 300	1 070	29-8, б
ТМ-1800/10*	8 910	3 190	3 680	2 040	8 910	—	—	3 430	2 420	2 960	1 650	1 740	1 070	29-4, а
ТМ-1800/35*	9 070	3 130	3 900	2 040	9 070	—	—	3 430	2 420	2 960	1 650	1 740	1 070	29-4, а
ТМН-1800/35*	11 610	4 600	4 280	2 750	11 610	—	—	3 890	2 720	4 000	2 253	1 750	1 070	29-14, а
ТМ-2500/10	7 860	2 670	3 830	1 310	6 790	660	410	3 560	2 330	3 340	—	2 260	1 594	29-6, б
ТМ-2500/10А	7 792	2 269	3 828	1 310	7 792	50	60	3 215	—	3 340	—	2 120	(1 524)	29-6, б
ТМ-2500/35	9 600	2 700	4 300	—	7 180	905	905	3 355	2 250	3 420	—	2 120	1 594	29-6, а
ТМН-2500/35А	8 950	2 480	4 430	1 180	7 780	660	460	3 850	2 250	3 530	—	2 170	1 594	29-6, б
ТМН-2500/35	12 265	4 020	4 160	2 535	—	—	—	3 550	2 258	3 740	—	2 924	1 594	29 8, а
ТМН-2500/110	24 000	8 930	9 200	3 640	22 000	780	1 220	4 070	—	5 120	—	3 540	1 524	23-12, а
ТМНН-2500/110	21 500	8 400	6 450	6 150	21 000	500	500	3 700	2 070	5 115	—	2 810	860	29-12, а
ТМНН-2500/150	30 300	13 900	7 500	8 900	28 000	500	1 800	4 000	2 910	5 960	—	3 670	—	—



Продолжение табл. 29-3

Тип	Масса, кг					Размеры, мм					№ рисунка			
	Трансформа-торная под-станция	Масла	вместой ча-стн с крышкою и распрителе-лем	кожуха с ар-матурой	отправочная	частей, от-дельно	Масла, подде-ляемые при монтаже	Высота до		Длина В		Рас-стояние В <sub>1</sub>	Ширина Г	
								на высоте точки А	крышки В					
ТМ-3200/10*	13 130	5 070	5 200	2 860	11 700	—	1 400	4 000	2 830	4 150	1 790	2 600	1 594	29-7, а
ТМ-3200/35*	13 360	4 970	5 530	2 860	11 960	—	1 400	4 000	2 830	4 150	1 790	2 600	1 594	
ТМН-3200/35*	17 260	7 340	5 875	4 045	15 520	—	1 740	3 990	2 820	4 230	2 350	3 700	1 594	29-14, б
ТМН-4000/10*	13 090	4 100	5 540	3 450	9 700	1 940	1 450	3 870	2 414	3 900	2 430	3 640	1 594 (1 524)	
ТМН-4000/35*	13 400	4 180	5 360	—	9 850	—	1 450	3 735	2 420	3 850	—	3 600	1 594	29-6, а
ТМН-4000/110*	13 150	4 100	5 600	3 450	9 700	1 940	1 450	3 720	2 420	3 900	2 500	3 600	1 594 (1 524)	
ТМН-4000/35	16 280	4 945	7 305	4 030	14 705	2 005	1 380	3 715	2 422	3 875	1 837	3 575	1 934	29-8, в
ТМН-6300/35	19 600	6 000	7 540	—	15 300	—	1 700	3 850	2 540	4 050	—	3 632	1 594	
ТМН-6300/35	18 960	6 420	8 060	4 480	16 440	—	2 520	4 000	2 830	4 300	2 530	3 760	1 594	29-8, а
ТМН-5600/10*	19 200	6 420	8 400	4 330	16 680	—	2 520	4 000	2 830	4 300	2 530	3 760	1 594	
ТМН-5600/35*	22 300	7 420	9 100	5 780	19 780	—	2 520	4 050	2 880	5 000	—	3 800	1 524	29-14, в
ТМН-5600/35*	22 300	7 420	9 100	5 780	19 780	—	2 520	4 050	2 880	5 000	—	3 800	1 524	
ТМН-5600/110*	35 300	13 300	11 500	10 900	26 000	6 400	2 900	4 690	2 815	5 000	—	4 430	1 594 (1 524)	29-9, з
ТМН-6300/10*	16 900	4 910	8 047	4 350	12 150	2 700	2 050	3 785	—	4 230	—	3 630	1 594 (1 624)	
ТМН-6300/35	17 020	4 890	7 57	—	12 085	—	2 000	3 942	2 550	4 285	—	3 650	1 594	29-6, в
ТМН-6300/35*	16 900	4 800	8 100	4 000	14 940	2 700	1 960	3 785	2 535	4 230	—	3 630	1 594 (1 524)	
ТМН-6300/35	19 600	6 000	7 540	4 330	15 300	2 600	1 700	3 850	2 540	4 050	—	3 632	1 594	29-6, в
ТМН-6300/110	28 700	9 500	10 250	8 950	20 500	4 700	3 500	4 865	2 565	5 260	3 100	4 260	1 524	
ТМН-6300/110	37 300	14 700	12 220	3 720	32 000	2 670	2 600	5 150	—	6 080	3 055	3 170	2 000 (1 650)	29-12, б
ТМН-7500/35*	22 500	7 200	9 100	6 200	15 000	4 600	2 900	4 190	2 995	5 050	—	3 740	1 594	
ТМН-7500/110*	40 300	15 700	12 900	11 700	30 300	6 450	3 500	4 955	3 080	5 050	—	4 400	1 594 (1 524)	29-9, б
ТД-10000/35*	23 800	6 300	11 500	6 090	19 200	2 400	2 400	3 035	3 035	3 380	—	3 850	1 894 (1 824)	
ТД-10000/35	21 200	5 200	11 200	—	16 900	—	1 900	4 310	—	3 760	—	3 930	1 524	29-9, а
ТДН-10000/35*	29 600	8 300	14 000	7 300	23 600	3 600	2 400	5 280	3 515	5 280	—	3 930	1 524	
ТДНС-10000/35	28 850	9 165	2 330	7 355	2 270	3 985	2 165	5 210	3 410	4 870	2 190	3 920	1 521 (1 524)	29-11, д
ТДН-10000/110*	40 000	15 200	14 300	10 500	32 500	5 000	2 500	5 105	3 230	5 360	—	4 400	1 594 (1 524)	
ТДН-10000/150*	61 300	26 600	18 200	16 500	49 000	7 600	4 700	6 460	4 224	6 590	4 245	4 710	1 524	29-9, з
ТДН-10000/110*	53 000	20 000	18 500	14 500	43 300	6 300	3 400	6 240	4 365	4 900	—	4 400	1 524	
ТДНС-10000/110	29 900	9 530	12 660	2 730	24 880	2 720	2 300	5 590	3 340	4 540	2 510	3 920	1 524 (1 315)	29-11, в
ТДН-10000/110	42 000	14 500	15 960	—	35 300	—	2 780	5 417	3 315	6 275	—	3 405	2 000 (1 524)	
ТДН-10000/110	38 100	12 900	16 100	11 000	31 400	3 400	3 800	5 330	2 862	5 900	3 230	4 270	1 524	29-11, е
ТДН-10000/150	55 000	24 200	18 200	16 800	48 700	4 800	2 500	6 460	4 130	52 150	—	3 450	2 000	
ТДН-10000/150*	61 300	26 600	18 200	16 500	49 000	7 600	4 700	6 460	4 224	6 590	4 245	4 710	1 524	29-9, з
ТДН-15000/35*	31 100	7 400	15 000	8 700	32 600	5 200	2 700	4 615	3 235	4 270	—	3 900	1 594 (1 524)	
ТДН-15000/35*	42 000	12 000	18 500	11 500	32 600	5 600	3 800	5 460	3 865	5 335	—	3 930	1 524	29-11, б
ТДН-15000/35*	42 400	12 400	19 645	—	33 000	4 735	4 000	5 706	3 906	5 335	—	3 930	1 524	
ТДН-15000/110*	52 000	18 400	21 300	12 500	41 700	6 500	3 800	5 945	3 800	5 120	—	4 450	1 594 (1 524)	29-9, а
ТДН-15000/110	63 500	22 300	22 960	18 220	50 100	8 900	4 500	7 127	4 587	4 835	—	4 930	1 524	

Продолжение табл. 29-3

Тип	Масса, кг				Размеры, мм				Расстояние между осями катушек при передвижении по широкой стороне D, мм	№ рисунка		
	Тора пол-ная	Масла	Выемной части с крышковой мембраной	кожуха с арматурой	отправочная часть, от правых частей, отдельно	Масла, подлежащего заливке при монтаже	Высота до				Расстояние B <sub>1</sub>	Ширина Γ
							наибольшей точки A	крышки Б				
Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B	Длина B		
ТДНГ-15000/110*	61 400	22 300	22 000	—	48 000	8 900	4 500	6 836	4 586	4 800	1 524	29-11, а
ТДНГ-15000/110*	72 700	21 700	22 600	15 400	48 000	7 200	4 500	6 490	4 615	4 730	1 594	29-11, а
ТДЛ-15000/150	59 300	29 200	25 000	18 100	60 000	8 600	4 900	6 652	4 427	7 480	2 000	29-9, а
ТДЛ-16000/35	31 210	8 050	15 600	7 560	33 200	3 410	2 600	4 860	3 250	3 970	1 524	29-9, а
ТДНС-16000/35	39 300	11 000	18 880	9 420	30 000	3 400	3 000	3 820	3 000	5 580	1 524	29-9, а
ТДН-16000/110	54 500	19 700	23 500	10 800	46 000	4 400	4 100	6 327	3 532	6 910	2 000 (1 524)	—
ТД-20000/35*	37 000	8 300	19 700	9 000	27 900	5 500	3 600	5 030	3 435	4 470	1 594 (1 524)	29-9, а
ТДН-20000/35*	50 500	14 700	23 000	12 800	40 200	6 000	4 300	5 965	4 125	5 590	1 524	29-11, б
ТДН-20000/35*	50 500	14 310	23 500	12 400	40 200	6 000	4 300	5 976	4 185	5 590	1 594 (1 524)	29-11, б
ТДГ-20000/110*	59 600	17 800	26 700	15 100	45 900	8 700	5 000	5 430	3 585	5 600	1 594 (1 524)	29-9, а
ТДН-20000/110*	71 200	23 500	28 000	19 700	56 500	9 700	5 000	—	—	5 990	—	—
ТДНГ-20000/110*	65 500	23 500	28 000	18 000	56 500	8 000	5 000	6 740	4 885	4 600	1 524	29-11, а
ТДНГ-20000/110*	71 200	23 500	28 000	19 700	56 900	9 700	5 000	—	—	5 990	—	29-16, а
ТД-31500/35*	54 600	12 400	27 100	14 500	39 800	9 400	4 800	5 500	3 905	5 400	2 070 (2 000)	29-9, а
ТДН-31500/35*	54 600	13 100	28 200	13 000	42 000	8 600	4 000	5 730	4 173	5 920	1 524	29-11, б
ТДГ-31500/110*	72 000	21 500	32 500	18 000	55 900	10 000	6 100	5 950	4 110	6 450	1 594 (1 524)	29-9, а
ТДЛ-31500/150*	111 300	40 300	42 700	28 300	55 100	15 200	40 300	7 260	4 950	7 660	2 000	29-9, а
ТДН-31500/110	84 500	24 500	38 420	—	67 000	—	6 000	6 386	3 876	7 685	2 000 (1 524)	29-11, а
ТД-40500/35*	66 000	14 500	36 400	16 100	50 900	9 600	5 500	6 225	4 380	6 000	2 070 (2 000)	29-9, а
ТДЛ-40500/110*	90 500	26 800	41 600	23 100	70 600	13 700	6 200	6 585	4 545	6 840	2 070 (2 000)	29-9, а
ТДНГ-40500/110	96 500	28 000	44 500	26 000	72 600	17 400	6 500	7 488	4 938	6 270	—	29-11, а
ТДГ-60000/110*	115 000	30 600	55 400	29 000	66 500	17 900	6 870	8 070	4 600	4 980	2 070 (2 000)	29-9, а
ТДНГ-60000/110	115 000	31 100	55 500	28 400	89 800	15 900	9 300	6 145	4 110	9 325	—	29-11, а
ТДГ-60000/150	153 500	50 500	62 000	41 000	76 000	27 000	50 500	7 650	5 420	8 570	2 500	29-9, а
ТДПБ-60000/150	153 500	50 500	62 000	41 000	76 000	27 000	50 500	7 650	5 420	8 570	2 500	29-9, а
ТДНГ-63000/110	113 100	39 200	55 980	31 600	61 600	17 900	6 889	8 140	4 920	8 870	2 000	29-9, а
ТДЛ-65000/150	153 500	50 500	62 000	41 000	76 000	27 000	50 500	7 650	5 420	8 570	2 500	29-9, а
ТДГ-70000/110*	122 370	32 720	55 600	34 000	66 500	22 650	32 720	7 229	4 950	8 445	2 070 (2 000)	29-9, а
ТДГ-70000/150	122 000	36 500	64 000	21 500	112 000	6 500	3 500	7 050	—	3 800	2 000	29-15, а
ТДЛ-80000/35	78 520	11 900	49 600	—	67 400	—	2 400	6 049	4 219	5 940	2 500 (1 560)	29-15, а
ТД-80000/110	104 000	25 220	54 512	24 040	78 000	22 000	7 058	7 453	5 416	7 453	2 000 (1 534)	29-9, а
ТДЦГ-90000/220*	155 200	38 500	83 000	25 500	101 500	15 200	34 000	6 970	4 910	7 850	2 500 (1 524)	29-16, б
ТДЛ-125000/110	133 420	23 040	41 430	28 950	113 710	15 620	4 150	7 060	4 780	8 066	2 000 (1 524)	29-16, а
ТДЦГ-125000/220*	180 100	50 700	94 900	34 500	112 100	23 200	44 800	7 565	4 792	9 160	2 000×2	29-16, а
ТДЦГ-180000/220*	252 500	60 000	126 000	—	152 000	—	55 400	6 990	4 680	9 805	2 000 (1 524)	29-16, б
ТДЛ-200000/110	187 610	27 340	125 460	—	143 000	—	—	7 100	4 720	7 560	2×2 000	29-16, а

Продолжение табл. 29-3

Тип	Масса, кг				Размеры, мм				№ рисунка	
	Трансформаторная подстанция	Масла	вместой с крышкой и расширительным устройством	кожуха с арматурой	отправочная часть, отдельно	масла, подливается за монтаже	Высота до			
							наибольшей точки А	крышки Б		
Длина В	Расстояние В <sub>1</sub>	Ширина Г	Расстояние между осями катков при передвижении по широкой стороне Д, мм							
ТДЦ-20000/220	195 000	39 000	120 000	—	167 000	—	7 750	5 970	2×2 000	29-17, з
ТДЦ-20600/500	285 000	67 000	148 000	—	179 000	61 000	10 900	6 800	2×2 000	29-16, б
ТДЦ-25000/220	244 000	44 230	172 500	24 500	182 500	43 880	9 310	4 730	2×2 000	29-16, б
ТДЦ-25000/220	172 500	44 230	148 000	24 500	172 500	43 880	9 310	4 620	2×2 000	29-16, б
ТДЦ-40000/150	296 800	54 800	194 000	—	220 000	47 200	10 560	3 800	1 524×2	29-16, б
ТДЦ-40000/110	296 800	48 800	194 000	54 000	218 500	47 200	14 600	8 490	2×2 000	29-16, з
ТДЦ-40000/220	297 000	50 500	188 000	—	214 000	—	11 740	4 030	2×2 000	29-16, з
ТДЦ-40000/330	361 000	68 000	223 000	—	267 000	66 000	13 450	4 110	3×1 524	29-16, з
ТДЦ-40000/500	410 000	70 000	266 000	—	350 000	20 000	17 620	6 900	3×1 524	29-17, б
ТДЦ-63000/220	374 200	75 000	286 200	—	300 000	—	12 200	5 190	3×1 524	29-16, б
ТДЦ-27500/220*	252 000	47 000	161 000	54 000	290 000	25 000	9 430	5 363	3×2 000	29-16, б
ТДЦ-36000/220*	380 000	66 500	191 000	49 000	225 000	65 500	10 595	5 900	2 000	29-16, б
Однофазные трансформаторы										
ОДГ-10500/110*	31 500	10 000	13 500	8 000	25 500	2 200	4 060	4 830	1 524 (1 524)	29-10, а
ОДГ-20000/110*	47 000	14 500	20 500	12 000	35 000	4 500	5 550	4 700	2 070 (2 000)	
ОДГ-30000/150*	64 000	21 000	28 000	—	53 000	—	6 340	4 750	(2 000)	
ОДГ-20000/220*	85 000	31 000	50 000	—	69 600	—	5 380	4 900	2 000 (1 524)	
ОДГ-30000/150*	76 300	24 500	31 950	—	60 500	—	6 620	4 590	1 690	
ОДГ-40000/110*	72 000	25 000	35 000	—	57 000	—	6 400	4 500	2 000	
ОДГ-40000/220*	112 000	37 000	45 000	—	60 500	—	6 820	5 200	2 500 (1 524)	
ОДГ-50000/110*	85 100	25 100	39 000	—	66 100	—	6 050	4 690	2 500	
ОДГ-50000/220*	130 400	41 600	55 900	—	70 500	—	6 900	5 500	(2 500)	
ОДГ-60000/220*	133 800	42 800	59 800	—	73 800	—	7 750	5 500	2 000 (1 524)	
ОДГ-133000/500*	235 000	47 000	140 000	—	165 000	—	11 600	6 200	2×1 524	
ОДГ-150000/400	198 000	48 000	109 500	—	160 000	—	8 500	550	2×1 435	
ОДГ-170000/500	361 000	70 000	230 000	—	271 000	70 000	11 400	4 700	3×1 524	
Трансформаторы трехфазные с расщепленной обмоткой НН										
ТРДН-25000/35	53 750	15 950	24 000	—	42 000	5 550	5 000	4 270	1 524 (1 524)	29-12, б
ТРДН-25000/110	67 200	20 000	32 600	—	—	4 000	5 880	4 650	2 500 (1 524)	
ТРДН-32000/35	60 000	15 800	30 000	14 200	48 000	4 500	5 880	4 560	1 524	
ТРДН-32000/110	92 100	24 000	36 800	24 300	80 000	7 000	—	4 800	—	
ТРДН-32000/150	92 100	31 800	36 800	—	80 000	7 000	6 800	4 800	2 000 (1 524)	
ТРДН-32000/220	150 000	50 500	52 000	—	70 000	8 950	—	5 500	3 000 (1 524)	
ТРДН-40000/35	75 600	22 400	36 500	—	62 000	5 700	7 200	5 500	1 524	
ТРДН-40000/110	91 200	27 000	45 250	—	79 000	6 800	6 935	4 850	2 500 (1 524)	
ТРДН-63000/110	107 200	28 500	57 300	—	94 700	8 300	8 300	4 450	2 500	
ТРДЦН-63000/220	145 000	41 000	70 000	—	95 000	—	8 000	5 550	3 000 (1 524)	

## 29-2. ТРЕХОБОМОТОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

а) ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Таблица 29-4

## Трехобмоточные трехфазные трансформаторы

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ			Напряжение к. з. при номинальных ступенях. %			Потери кВт		Ток х. х., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН—СН	ВН—НН	СН—НН	х. х.	к. з.		
ТМТГ-5600/110*	5 600	121	38,5	11	17	10,5	6	30	69,5	5	11 700
»	5 600	121	38,5	11	10,5	17	6	29	69,5	5	—
ТМТН-6300/35*	6 300	35	10,5	6,3	7,5	7,5	16,5	13	55	2,3	—
»	6 300	35	13,8	6,3	7,5	7,5	16,5	13	55	2,3	—
ТМТ-6300/110	6 300	110	38,5	6,6	17	10,5	6	32	65	4,8	20 000
»	6 300	121	38,5	11	10,5	17,0	6	32	65	4,8	—
ТМТН-6300/110	6 300	115	22	6,6	10,5	17	6	14—17	60	1,2	31 535
»	6 300	115	38,5	11	10,5	17	6	14—17	60	1,2	—
ТМТГ-7500/110*	7 500	121	38,5	11	17	10,5	6	35	82	4,6	14 000
»	7 500	121	38,5	11	10,5	17	6	35	81,5	4,6	—
ТМТН-10000/35	10 000	36,75	10,5	6,3	16,5	8	7,2	18	75	2,1	—
»	10 000	36,75	13,8	6,3	16,5	8	7,2	18	75	2,1	—
»	10 000	36,75	15,75	6,3	16,5	8	7,2	18	75	2,1	—
ТМТН 10000/110	10 000	115	22	6,6	10,5	17	6	23	80	1,1	—
ТДТГ-10000/110*	10 000	121	38,5	11	17	10,5	6	45	97	4,4	16 200
»	10 000	121	38,5	11	10,5	17	6	43	97	4,4	—
ТДТН-10000/110	10 000	110	22	6,6	10,5	17	6	19—23	80	1,1	31 500
»	10 000	115	38,5	11,0	10,5	10,5	6	26—32	105	1,05	—
ТДТН-10000/110	10 000	115	38,5	11	17	10,5	6	47	72	5	31 500
»	10 000	115	38,5	11	10,5	17	6	47	72	5	31 500
ТДТНГ-10000/110	10 000	115	38,5	11	17	10,5	6	47	72	5	—
»	10 000	115	38,5	11	10,5	17	6	47	72	5	—
ТДТНГ-10000/110*	10 000	115	38,5	11	17	10,5	6,4	52	103	5,5	23 200
»	10 000	115	38,5	11	10,5	17	6,4	52	98	5,5	—
ТДТНГЭ-10000/110	10 000	115	38,5	11	17	10,5	6	47	72	5	—
»	10 000	115	38,5	11	10,5	17	6	47	72	5	—
ТДТГ-15000/110*	15 000	121	38,5	11	17	10,5	6	63	132	4	—
»	15 000	121	38,5	11	10,5	17	6	63	132	4	19 600
ТДТН-15000/110*	15 000	115	38,5	11	10,5	17	6	65	140	5	—
»	15 000	115	38,5	11	17	10,5	6	65	140	5	—
ТДТНГ-15000/110*	15 000	112	38,5	11	10,8	18,2	6	65	137	5	27 500
»	15 000	112	38,5	11	18,2	10,2	6	65	137	5	—
ТДТНГ-15000/110*	15 000	115	38,5	11	10,5	17	6	65	140	5	—
»	15 000	115	38,5	11	17	10,5	6	65	140	5	—
ТДТНГЭ-15000/110	15 000	115	38,5	11	10,5	17	6	65	140	5	—
»	15 000	115	38,5	11	17	10,5	6	65	140	5	—
ТДТГ-15000/150	15 000	150	38,5	11	12,5	17,5	5	83	122	6	47 000
»	15 000	150	38,5	11	17,5	12,5	5	83	122	6	—
ТМТН-16000/35	16 000	36,75	10,5	6,3	17	8	7,5	24	114	1,6	—
»	16 000	110	15,75	—	—	—	—	—	—	—	—
ТДТН-16000/110	16 000	115	38,5	11	18	10,5	6	125	5	—	—
»	16 000	115	38,5	11	10,5	18	6	105	1,05	—	46 200
»	16 000	115	38,5	11	10,5	17	6	26—32	—	—	—
ТДТГ-20000/110*	20 000	121	38,5	11	17	10,5	6	76	163	3,5	28 800
»	20 000	121	38,5	11	10,5	17	6	75	163	3,5	—
ТДТН-20000/110	20 000	115	38,5	6,6	10,5	17	6	45	127	2,5	48 000
»	20 000	115	38,5	11	17	10,5	6	45	127	2,5	—
ТДТНГ-20000/110*	20 000	115	38,5	11	10,5	17	6	45	127	2,5	47 000
»	20 000	115	38,5	11	17	10,5	6	45	127	2,5	—
ТДТНГ-20000/110*	20 000	112	38,5	6,3	11,7	19	6,7	78	181	5	32 000
»	20 000	112	38,5	6,3	18,4	11,2	6,5	78	181	5	—
ТДТНГЭ-20000/110	20 000	115	38,5	11	10,5	17	6	45	127	2,5	—
»	20 000	115	38,5	11	17	10,5	6	45	127	2,5	—
ТДТНГ-20000/220*	20 000	230	38,5	11	12,5	18,9	6,1	95	145	5,5	66 000
»	20 000	—	—	6,6	—	19,1	6,3	—	154	5,7	—
ТДТН-25000/35	25 000	36,75	6,3	6,3	9,5	9,5	15	62	145	2,5	—
ТДТНГ-25000/35	25 000	36,75	6,3	6,3	9,5	9,5	15	62	145	2,5	—
ТДТНГЭ-25000/35	25 000	36,75	6,3	6,3	9,5	9,5	15	62	145	2,5	—
ТДТН-25000/110	25 000	115	11	6,6	10,5	17	6	36—45	145	1	56 100
ТДТН-25000/110	25 000	115	22	6,6	10,5	17	6	36—45	145	1	или
ТДТН-25000/110	25 000	115	38,5	11	10,5	17	6	36—45	145	1	48 000

Продолжение табл. 29-4

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ			Напряжение к. з. при номинальных ступенях, %			Потери, кВт		Ток х. х., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН—СН	ВН—НН	СН—НН	х. х.	к. з.		
ГДТН-25000/150	25 000	154	38,5	6,6	18	11,5	5,8	120	190	6	61 000
ТДТНГ-25000/150	25 000	154	38,5	11	18	11,5	5,8	120	190	6	
ТДТНГЭ-25000/150*	25 000	154	38,5	27,5	18	11,5	5,8	120	190	6	30 830
ГДТН-25000/220	25 000	230	38,5	11 6,6	—	—	—	—	—	—	
ТДТГ-31500/110*	31 500	121	38,5	11	17	10,5	6	110	233	3	58 000
ТДТН-31500/110	31 500	115	38,5	11	10,5	17	6	103	233	3	
ГДТН-31500/110	31 500	115	38,5	6,3	10,7	17,4	6,2	75	225	5	39 760
ТДТНГ-31500/110*	31 500	115	38,5	11	10,5	10,5	20	95	195	4	
ТДТНГ-31500/110	31 500	115	38,5	11	17,4	10,5	6,2	125	230	5	—
ТДТНГ-31500/110	31 500	115	38,5	11	10,7	17,1	6,2	125	245	5	
ТДТНГ-31500/110	31 500	115	38,5	11	17,4	10,5	6,2	125	255	5	—
ТДТНГ-31500/110	31 500	115	38,5	11	10,7	17,1	6,2	125	255	5	
ТДТНГ-31500/110	31 500	115	6,3	6,3	10,5	10,5	20	95	195	4	—
ТДТНГЭ-31500/110*	31 500	110	27,5	11	10,5	17	6	125	255	5	
ТДТНГЭ-31500/110*	31 500	115	38,5	11	17,4	10,5	6,2	125	255	5	—
ТДТНГЭ-31500/110*	31 500	115	38,5	11	10,7	17,1	6,2	125	255	5	
ТДТНГЭ-31500/110*	31 500	115	6,3	6,3	10,5	10,5	20	95	195	4	—
ТДТГ-31500/150*	31 500	150	38,5	6,3	12,5	17,5	5	135	245	4,5	
ТДТГ-31500/150*	31 500	150	38,5	6,3	17,5	12,5	5	135	245	4,5	—
ТДТГ-31500/150*	31 500	150	38,5	6,6	12,5	17,5	5	135	245	4,5	
ТДТГ-31500/150*	31 500	150	38,5	6,6	17,5	12,5	5	135	245	4,5	—
ТДТГ-31500/150*	31 500	150	38,5	11	12,5	17,5	5	135	245	4,5	
ГДТН-40000/110	40 000	150	38,5	11	17,5	12,5	5	135	245	4,5	—
ГДТН-40000/110	40 000	115	11	6,6	17	10,5	6	50—33	230	0,9	
ГДТН-40000/110	40 000	115	22	6,6	17	10,5	6	50—53	230	0,9	67 100
ГДТН-40000/110	40 000	115	38,5	11	17	10,5	6	50—63	230	0,9	
ГДТН-40000/110	40 000	110	38,5	6,6	10,5	17,5	6,5	95	240	5	87 000
ГДТН-40000/110	40 000	115	11	11	10,5	17,5	6,5	95	240	5	
ТДТН-40000/220	40 000	230	38,5	11; 6,6	12,5	20,5	7,5	175	255	4,5	32 000
ТДТГ-40500/110*	40 500	121	38,5	11	17	10,5	6	130	300	3	
> >	40 500	121	38,5	11	10,5	17	6	130	300	3	—
ТДТН-40500/110*	40 500	112	38,5	11	17	10,5	6	135	300	4	—
ТДТНГ-40500/110*	40 500	112	38,5	11	17	10,5	6	135	300	4	61 000
ТДТНГ-40500/110*	40 500	112	38,5	10,5	18,4	10,9	7	145	305	4	37 800
> >	40 500	112	38,5	11	10,6	18,2	6,9	145	300	4	—
ТДТНГЭ-40500/110*	40 500	112	38,5	11	17	10,5	6	135	300	4	—
ТДТНГЭ-40500/110*	40 500	112	27,5	11	10,5	17	6	135	300	4	—
ТДТГ-60000/110*	60 000	121	38,5	13,5	17	10,5	6	150	410	3	43 800
ТДТН-60000/110*	60 000	115	38,5	13,3	17,5	10,5	7	190	355	4	—
ТДТНГ-60000/110*	60 000	115	38,5	13,8	17,5	10,5	7	190	355	4	80 000
ГДТНГЭ-60000/110*	60 000	115	38,5	13,8	17,5	10,5	7	190	355	4	—
> >	60 000	115	38,5	13,3	12,5	19,5	6	190	355	4	—
> >	60 000	115	38,5	6,6	19,5	12,5	6	190	355	4	—
ТДТГ-60000/150	60 000	150	38,5	11	12,5	19,5	6	190	355	4	—
> >	60 000	150	38,5	11	19,5	12,5	6	190	355	4	—
> >	60 000	150	38,5	11	12,5	19,5	6	214	386	5	—
> >	60 000	154	38,5	6,6	19,5	12,5	6	214	386	5	81 000

Продолжение табл. 29-4

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ			Напряжение к. з. при номинальных ступенях, %			Потери, кВт		Ток х. х., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН—СН	ВН—НН	СН—НН	х. х.	к. з.		
ТДТН-63000/110	63 000	115	38,5	6,5 11 6,3	10,5	17	6	70—89	310	0,85	91 300
ТДЦТН-63000/220	63 000	230	38,5	10,5 11 6,6	17	12,5	6	175	285	4,5	—
ТДТГ-75000/110	75 000	121	38,5	10,5	17	10,5	6	170	530	4	—
ТДТН-75000/110*	75 000	115	38,5	10,5	20	12	7,5	210	450	4	—
ТДТНГ-75000/110*	75 000	115	38,5	10,5	20	12	7,5	210	450	4	90 000
ТДТНГЭ-75000/110*	75 000	115	38,5	10,5 6,6	20	12	7,5	210	450	4	—
ТДТН-80000/110	80 000	115	38,5	11 10,5	10,5	17	6	73	380	0,6	—
ТДЦТН-80000/110	80 000	115	38,5	6,6 11	17	10,5	6	82—102	390	0,8	—
ТДТНГ-80000/110	80 000	115	38,5	6,6 11	11	18	6,5	95—115	390	1,6	—

\* Выпуск прекращен.

Примечания: 1. Потери к. з. для трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов указаны при нагрузке, соответствующей номинальной мощности обмотки ВН, и таких же нагрузках обмоток СН и НН, при которых полу-

чаются максимальные потери. Действительные потери следует определять методом, указанным в § 7-4.

2. Сведения о потерях однофазных трансформаторов не приведены по причине их нестабильности.

Таблица 29-5

## Трехобмоточные однофазные трансформаторы

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, кВ			Напряжение к. з. при номинальных ступенях, %			Потери, кВт		Ток х. х., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН—СН	ВН—НН	СН—НН	х. х.	к. з.		
ОМТГ-5000/110*	5 000	121	38,5	11	17	10,5	6	20,5	54,5	4,2	10 500
ОМТГ-5000/110*	5 000	121	38,5	11	10,5	17	6	20,5	54,5	4,2	10 500
ОМТГ-6667/110*	6 667	121	38,5	11	17	10,5	6	27	66	4	—
» »	6 667	121	38,5	11	10,5	17	6	25	66	4	10 700
ОДТГ-10500/110*	10 500	121	38,5	11	17	10,5	6	35,5	96,5	3,6	12 800
		121	38,5	11	17	10,5	6	32,5	96,5	3,6	
ОДТГ-13500/110*	13 500	121	38,5	11	17	10,5	6	41	116	3	14 600
		121	38,5	11	10,5	17	6	38,5	116	3	
ОДТГ-20000/110*	20 000	121	38,5	11	17	10,5	6	59	147	2,8	16 300
		121	38,5	11	10,5	17	6	55	147	2,8	—
ОДТГ-30000/220*	30 000	220	115	38,5	13,45	22	8,1	110,8	192,3	3,1	—
ОДТГ-33333/220*	33 333	220	115	15,75	14,04	22,24	7,7	112	215,63	4,7	—
ОДТГ-33333/220*	33 333	242	66	16,5	20	13	7	125	205,95	3,9	—
ОДТГ-40000/220*	40 000	242	121	13,8	22	14	8	130	242,75	4,5	—
ОДТГ-40000/220*	40 000	242	121	13,8	22,4	14,16	8	130	175,4	3,47	—
ОДТГ-46667/220*	46 667	242	121	13,8	21	13	8	157	27,9	3,7	—
ОДТГ-60000/220*	60 000	220	115	11	14,5	23	7,4	198	280,2	3,51	—
ОЦТГ-82500/220*	82 500	242	121	13,8	22	14	8	274	435	3,7	—

Однофазные трехобмоточные трансформаторы

Таблица 29-б

6) МАССА И РАЗМЕРЫ ТРЕХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Тип	Масса, кг					Размеры, мм				Расстояние между осями катушек при передвижении по широким сторонам D, мм	№ рисунка		
	трансформатора полная	масла	выемной части с крыш-кой и расш-рителем	кожуха с арматурой	отправочная	частей, отлитых отдельно	масла, подлож-жащего заливе при монтаже	Высота до				Длина B	Шрифт на G
								наибольшей точки A	крашки B				
ТМТГ-5600/110*	48 000	17 900	13 700	11 400	35 530	4 530	4 500	5 090	3 215	5 490	—	1 594 (1 524)	29-9, а
ТМТН-6300/35	23 700	7 280	10 550	19 800	15 800	—	4 410	3 900	2 580	4 860	—	1 524	29-17, а
ТМТГ-6900/110	38 946	14 260	13 200	11 485	29 600	4 936	4 110	4 950	3 465	7 000	—	1 524	29-9, б
ТМТН-6300/110	42 500	15 400	15 710	4 070	37 640	2 980	3 800	5 395	3 054	6 240	—	1 594 (1 524)	29-17, б
ТМТГ-7500/110*	48 600	18 100	16 500	14 000	37 300	7 500	2 650	5 210	3 370	6 460	—	1 524	29-9, а
ТМТН-10000/35	32 550	9 850	14 401	—	26 400	—	—	4 778	3 033	5 565	—	1 524	29-17, а
ТДТГ-10000/110*	51 200	18 500	20 400	12 300	41 600	6 000	3 600	5 245	3 390	5 735	—	1 594 (1 524)	29-9, б
ТДТН-10000/110*	52 200	16 700	22 000	13 500	46 000	3 100	3 900	5 432	2 882	6 580	—	1 524	29-15, б
ТДТН-10000/110	52 300	16 800	22 000	13 500	46 000	3 100	4 000	5 400	3 180	6 900	—	1 524	29-13, б
ТМТН-10000/110	57 000	22 340	20 940	18 000	48 375	—	4 500	6 861	3 534	7 147	—	1 524	29-13, б
ТДТГ-10000/110*	71 000	27 000	26 000	18 000	60 000	6 500	4 200	6 355	4 475	5 100	—	1 524	29-9, б
ТДТГ-15000/110*	60 800	20 700	28 100	12 000	50 100	6 500	4 200	5 400	3 515	5 885	—	1 584 (1 524)	29-9, б
ТДТГ-15000/110*	77 000	27 200	31 000	18 800	63 500	9 000	4 500	6 645	4 773	5 850	—	1 524	29-13, а
ТДТН-15000/110	77 200	27 200	31 200	18 800	63 200	9 500	4 500	6 602	4 087	7 200	—	1 524	29-13, б
ТДТГ-19000/150	80 000	31 300	30 000	18 700	65 600	9 800	3 530	5 155	3 426	8 000	—	2 000 (1 524)	29-9, б
ТМТН-16000/35	42 800	12 630	20 310	—	34 620	—	4 600	6 200	3 700	7 200	—	1 594 (1 524)	29-15, а
ТМТН-16000/110	68 800	21 200	29 210	16 500	60 000	9 400	4 800	5 555	—	6 000	—	1 594 (1 524)	29-9, б
ТДТГ-20000/110*	70 000	22 500	32 000	16 500	57 000	9 400	4 600	5 555	3 700	6 000	—	1 524	29-9, б
ТДТГ-20000/110	76 000	23 000	33 860	17 800	61 900	9 300	4 800	6 685	4 335	5 370	—	1 545	29-15, а
ТДТН-20000/110	72 000	24 000	30 200	17 800	59 000	7 000	6 000	6 160	3 620	7 400	—	20 000	29-13, а
ТДТГ-20000/110*	85 000	28 000	34 000	22 000	68 500	11 500	5 000	6 640	4 785	8 840	—	1 524 (1 524)	29-13, а
ТДТН-20000/110*	84 000	28 000	34 000	22 000	68 500	10 500	5 000	6 685	4 030	9 500	—	3 000 (1 524)	29-13, а
ТДТН-20000/220*	133 000	50 000	43 000	6 390	65 000	—	—	8 000	3 600	7 400	—	2 000 (2 100)	29-15, а
ТДТН-25000/110	77 700	23 600	36 400	6 390	60 800	—	—	6 100	—	—	—	2 000	29-15, а
ТДТНГ-25000/150	114 000	36 700	45 300	32 000	87 100	17 400	9 500	5 900	4 110	8 000	—	2 000	29-13, а
ТДТНГ-25000/150*	114 000	35 700	49 300	32 000	87 100	17 400	9 300	6 820	4 050	8 000	—	2 000	29-13, а
ТДТГ-31500/110*	98 700	29 500	45 200	24 000	78 400	13 200	7 100	6 075	4 040	7 100	—	2 020	29-9, б
ТДТГ-31500/150*	130 600	45 300	50 800	34 500	67 100	18 200	45 300	7 011	4 755	8 040	—	2 500	29-9, б
ТДТН-31500/110	117 500	35 200	53 000	29 300	35 200	20 700	35 200	6 435	4 065	8 550	—	2 000 (1 524)	29-13, а
ТДТНГ-31500/110*	122 400	37 500	53 000	31 900	65 000	19 900	37 500	7 100	5 270	6 800	—	2 000	29-13, а
ТДТНГ-31500/110**	117 500	35 200	53 000	29 300	95 000	22 500	7 900	6 435	4 206	8 900	—	2 000	29-13, а
ТДТНГ-31500/110***	93 000	26 500	41 000	25 500	72 500	14 500	6 000	7 170	4 888	6 270	—	2 000	29-13, а
ТДТНГ-31500/110*	119 440	35 300	53 000	31 140	95 000	22 540	7 900	6 435	4 200	8 900	—	2 000	29-13, а

Трёхфазные трансформаторы

Продолжение табл. 29-б

Тип	Масса, кг					Размеры, мм				№ рисунка			
	тран-сформа-тора полная	масла	выемной части с крыш-кой и расш-рителем	кожуха с арма-турой	отпра-вочная	частей, отпра-вляемых отде-льно	масла, подде-жащего заливке при монтаже	Высота до			Длина В	Расто-яние В <sub>1</sub>	Ширина Г
								набо-лее вы-сокой точки А	крышки В				
												Расстояние между осями катушек при передвиже-нии по широ-кой стороне Д, мм	
ТДПН-40000/110	118 736	35 025	55 700	—	89 420	—	9 105	6 435	5 065	8 550	—	5 112	2 000 (1 524)
ТДПН-40000/110	104 300	27 700	54 100	—	97 000	—	5 630	6 250	3 900	7 550	—	4 840	2 000 (1 524)
ТДПН-40000/220	146 760	58 340	63 275	35 800	126 000	—	13 700	7 570	4 520	11 285	—	5 400	3 000 (1 524)
ТДПТ-40500/110*	118 000	35 700	51 500	28 800	63 000	17 300	35 700	7 050	5 000	6 920	—	4 990	2 070 (2 000)
ТДПНГ-40500/110*	119 000	33 800	53 000	27 100	71 200	14 000	33 800	6 485	4 270	8 710	—	5 060	2 000
ТДПНГ-40500/110*	128 000	39 200	55 000	33 800	66 000	23 300	38 700	7 600	5 800	7 240	—	5 720	2 000
ТДПТ-60000/110*	144 000	39 100	65 700	38 200	80 000	25 900	39 100	7 665	5 355	10 120	—	5 130	2 070 (2 000)
ТДПНГ-60000/110*	158 500	50 000	65 500	37 000	84 500	22 000	50 000	7 300	4 650	8 830	—	5 860	2 000
ТДПТ-60000/150	159 700	50 490	70 150	39 060	86 650	22 560	50 490	7 670	4 770	9 300	—	5 680	2 500
ТДПТВ-60000/150	159 700	50 490	70 150	39 060	86 650	22 560	50 490	7 630	4 730	9 300	—	5 690	2 500
ТДПНГ-63000/110	131 300	34 900	70 500	—	109 000	—	9 000	7 040	4 670	8 200	—	4 750	2 000 (1 524)
ТДПНГ-75000/110*	170 500	51 700	79 600	39 200	94 700	24 100	51 700	7 180	4 960	9 770	—	5 850	2 000 (1 524)
ТДПН-80000/110	146 300	37 300	82 000	—	124 750	—	11 100	7 200	4 590	9 600	—	4 800	2 000 (1 524)
ОМТГ-50000/110*	32 000	12 000	12 300	8 000	26 200	3 900	2 200	5 175	3 315	4 110	—	4 540	1 594 (1 524)
ОМТГ-6667/110*	33 000	12 300	12 300	8 400	23 200	4 300	2 500	5 175	3 315	4 110	—	4 540	1 594 (1 524)
ОДПТ-10500/110*	36 700	12 200	15 700	8 800	30 100	4 500	2 100	5 480	3 620	4 020	—	5 490	1 594 (1 524)
ОДПТ-13500/110*	43 800	12 500	19 000	12 300	32 400	7 600	3 800	5 460	3 580	4 160	—	4 700	1 594 (1 524)
ОДПТ-20000/110*	56 000	16 600	28 000	11 400	45 100	6 500	4 400	5 745	3 865	5 250	—	4 790	1 594 (1 524)
ОДПТ-30000/220*	134 600	47 600	51 400	—	66 800	—	—	8 030	—	6 300	—	5 950	2 500 (1 524)
ОДПТ-33333/220*	132 200	47 500	50 000	—	65 000	—	—	8 650	—	6 300	—	6 320	2 500
ОПТ-33333/220*	133 500	46 000	57 500	—	74 000	—	—	8 260	—	6 500	—	3 600	2 500 (1 524)
ОДПТ-40000/220*	152 300	53 500	60 000	—	76 000	—	—	8 215	—	7 940	—	6 230	2 500 (1 524)
ОДПТ-46667/220*	155 600	51 400	61 000	—	76 200	—	—	8 775	—	7 940	—	6 320	2 500 (1 524)
ОДПТ-60000/220*	191 000	65 200	76 000	—	100 000	—	—	8 480	—	9 260	—	6 560	2 500
ОПТТ-82500/220*	200 000	61 800	96 400	—	119 000	—	—	8 250	—	8 495	—	4 350	2 500 (1 524)

Однофазные трансформаторы

\* Выпуск прекращен.  
 \*\* Трансформатор ТДПНГ-31500/110 с сочетанием напряжений 110/27,5/6,6 кВ.  
 \*\*\* Трансформатор ТДПНГ-31500/110 с сочетанием напряжений 112 или 115/6,3/6,3 и 112/10,5/10,5 кВ.



**29-3. АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ**  
**а) ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

Таблица 29-7

Тип	Мощность, кВ·А	Верхний предел номин. напряж. обмоток, кВ			Напряжение к. з. при номинальных ступенях, %			Потери, кВт			Ток х. х., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	к. з.				
								х. х.	ВН-СН	ВН-НН		
АТДЦНГ-30000/220	30 000	230	121	6,6	10,2	15	9,9	100	190	115	2,8	73 000
АТДЦНГ-60000/220*	60 000	220	121	11, 38,5	9,35	34	22,9	82,5	—	265	2	94 000
АТДЦНГ-63000/220	63 000	230	121	10,5	12,05	18,85	12,81	380	—	—	2,3	92 000
АТДЦГ-90000/150	90 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65 000
АТДЦГ-90000/220*	90 000	220	121	11, 6,3	8	27,2	17,4	—	—	260	3	—
АТДЦГ-120000/220*	120 000	220	121	11, 38,5	10,5	36,3	23	150	—	500**	3	109 000
АТДЦГ-120000/330*	120 000	330	121	11, 38,5	9,7	23,5	12	—	—	410	2,5	—
АТДЦНН-125000/220	125 000	230	121	11, 38,5	10,6	31	18,9	290	235	230	0,5	145 000
АТДЦНН-125000/330*	125 000	330	115	10,5	9,85	33,2	21,7	—	—	—	—	164 000
ТДЦГА-180000/150*	180 000	165	121	10	6,02	4,71	38,6	—	—	316	0,82	—
АТДЦГ-180000/150*	180 000	150	121	10	3,62	42	37,6	—	—	226	0,82	—
ТДЦГА-180000/220*	180 000	242	121	10,5	12,4	11,55	17,7	—	—	490	3	150 000
АТДЦНН-200000/220	200 000	230	121	10,5	10,6	32	19,5	430	360	320	0,5	—
АТДЦНН-200000/330	200 000	330	115	10,5	10,25	34,2	22,3	740	—	—	2	207 000
АТДЦГ-240000/330	240 000	347	242	11, 38,5	7,5	74	63,5	—	—	750	1,5	161 000
АТДЦГ-240000/330	240 000	330	165	11, 38,5	11,5	39	24,2	—	—	—	—	161 000
АТДЦНН-250000/500	250 000	500	115	10,5	10,4	24	12,4	—	—	570	2,5	274 000
АТДЦГ-180000/220	180 000	230	121	11, 38,5	11	36	22	250	—	650**	2	—

Трехфазные автотрансформаторы

Продолжение табл. 29.7

Тип	Мощность, кв.А	Верхний предел номин. напряж. обмоток, кв			Напряжение к. з. при номиналь-ных ступенях, %			Потери, кВт			Ток х. з., %	Цена, руб.
		ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН		
АТДЦТГ-240000/220	240 000	230	121	38,5	10,65	35,5	22,8	—	—	730***	3	159 000
ТДЦТГА-240000/220	240 000	242	121	10,5	13,5	12,5	18,8	—	—	500***	3	175 000
АТДЦТН-250000/500	250 000	500	115	10,5	10,4	24	12,4	—	—	750	—	274 000
Однофазные автотрансформаторы												
ОДТГА-40000/220* по-нижающий	40 000	220	121	11	10,1	32,8	21,8	—	—	170	2,5	—
ОДТГА-40000/220* по-вышающий	40 000	220	121	36,5	8,35	29,35	19,35	—	—	169	1,85	—
ОДТГА-40000/220* по-вышающий	40 000	242	121	6,3	10,8	30,5	18,6	—	—	173,1	1,68	—
АОДТГ-40000/220* по-нижающий	40 000	220	121	6,3	8,2	30,5	18,6	—	—	116	2,7	—
АОДТГ-60000/220*	60 000	220	121	38,5	8,5	27,4	18,4	—	—	162	2	—
ОДТГА-80000/220* по-нижающий	80 000	220	110	11	13	34	23	—	—	319	2,5	—
ОДТГА-80000/220* по-вышающий	80 000	242	121	13,8	12	11,7	18	—	—	370	1,5	—
АОДТГ-80000/220*	80 000	220	121	11	6,2	22,4	15,8	—	—	210	4,5	—
АОДТГ-90000/400*	90 000	420—400	121—115	11	9,5	18,5	9	—	—	292	2,24	—
АОДТГ-90000/500*	90 000	500	110	11	11,4	20,7	8,6	—	—	366	3,5	—
АОДЦТГ-90000/500*	90 000	500	121	11	9,5	18,5	8	—	—	320	3,5	—
ОДТГА-138000/220*	138 000	242	121	38,5	15,5	14,2	21	—	—	306	2,8	—
АОДТГ-135000/500*	135 000	500	242	11	10,4	16,6	11,5	—	—	355	2,5	—
АОДЦТГ-135000/500*	135 000	500	242	11	9,2	30,2	20	—	—	351	2	—
АОДЦТГ-250000/500*	250 000	500	242	11	10	33,8	22,5	—	—	625	—	—
АОДТГ-167000/400*	167 000	420—400	242	11	10,5	48,5	37,6	—	—	437,1	1,4	—
АОДЦТН-167000/500	167 000	500	230	38,5	9,8	29,3	17,8	—	—	100	0,4	190 000
ОДЦТГА-167000/400*	167 000	420—400	242	10,5	10,5	51	40,5	—	—	439	2	—
АОДЦТН-267000/500	267 000	500	230	10,5	8,8	23,9	12,4	—	—	100	0,35	—
АОДЦТН-417000/750	417 000	750	500	38,5	9,65	63	51	—	—	100	0,3	—

\* Сняты с производства.

\*\* Потери к. з., даны для расчета ВН-СН.

\*\*\* Потери к. з., даны для режима ВН-НН-СН.

Примечание к табл. 6-2.

2. Возможность поставки АОДЦТН-167000/500 определяется Госпланом СССР.

Таблица 29-8

Тип	Масса, кг					Размеры, мм				Расстояние между катков при переделании по широкой стороне D	№ рисунка			
	тран-сформа-тора полная	масла	внешней части с крышкой и расширителем	кожуха с арматурой	отправочная	частей, отправленных отдельно	масла, подде-жающего заливке при монта-же	Высота, до				Длина В	Рас-стоя-ние В <sub>1</sub>	Шири-на Г
								наиболь-шей точки А	крышки В					
<i>Трехфазные автотрансформаторы</i>														
АДЦНГ-30000/220	145 600	61 000	41 300	—	66 100	—	—	7 600	4 200	11 600	—	5 700	3 000 (1 524)	29-19, а
АДЦНГ-60000/220	196 300	66 200	54 750	—	75 670	—	—	8 386	—	9 410	—	6 887	3 000	29-19, б
АДЦНГ-63000/220	150 200	57 000	51 700	—	73 900	—	—	7 650	—	10 750	—	5 300	1 624 (3 000)	—
АДЦНГ-90000/220*	192 700	54 400	73 780	—	99 800	—	—	7 610	—	12 580	—	7 685	3 000	—
АДЦНГ-120000/220*	198 300	56 400	73 780	—	99 800	—	—	7 610	—	12 930	—	7 685	3 000	—
АДЦНГ-120000/220*	162 500	44 600	75 300	42 600	94 000	—	—	7 350	—	7 700	—	6 100	3 000	29-20, а
АДЦНГ-120000/330*	196 400	51 800	93 500	51 100	115 000	30 600	—	7 900	4 590	10 300	6 430	4 300	2X2 030	—
АДЦНГ-125000/220	187 600	63 500	82 000	—	157 000	—	—	7 850	4 410	13 000	—	5 840	2X2 070	29-20, б
АДЦНГ-125000/330*	211 150	57 000	99 000	—	116 300	—	—	7 030	4 626	11 140	—	5 225	2X2 060	—
ТДЦА-180000/150*	160 000	47 000	73 500	—	127 000	—	—	6 780	—	10 460	—	6 000	3 000	—
АДЦНГ-180000/150*	158 000	47 800	70 700	—	127 000	—	—	6 780	—	10 460	—	6 000	3 000	—
АДЦНГ-180000/220	197 000	49 000	106 600	41 400	123 100	24 900	—	7 565	4 805	9 305	5 090	3 740	2X2 000	29-20, в
ТДЦГА-180000/220*	242 000	60 000	138 540	—	162 100	18 890	—	6 830	4 240	9 110	—	6 000	—	29-20, в
АДЦНГ-200000/220	250 000	75 000	126 000	—	230 000	—	—	10 000	4 780	13 700	—	5 500	2X2 000	—
АДЦНГ-200000/330	254 000	65 350	133 000	17 000	150 000	—	—	6 350	4 745	9 280	—	7 310	2X2 000	29-20, е
АДЦНГ-240000/220	248 900	62 000	125 300	—	153 500	—	—	6 800	—	10 360	—	6 010	2X2 000	29-20, з
ТДЦГА-240000/220	290 400	62 500	168 100	—	196 500	31 400	—	6 650	4 200	11 050	—	6 500	2X2 000	29-20, з
АДЦНГ-240000/330*	280 000	80 000	130 000	—	168 000	—	—	7 620	—	11 000	—	8 500	2X2 000	—
АДЦНГ-240000/330	210 800	59 000	103 800	37 000	152 000	32 000	—	7 950	4 910	11 600	—	4 500	2X2 000	29-20, д
АДЦНГ-240000/330	227 000	55 000	123 000	49 000	120 000	32 000	—	7 970	4 728	10 250	—	4 150	2X2 000	29-20, д
АДЦНГ-250000/500	350 000	80 000	210 700	89 300	255 000	—	—	11 700	5 263	13 400	—	7 250	—	29-20, ж
<i>Однофазные трансформаторы</i>														
ОДЦА-40000/220* понижа-ющий	92 000	34 800	34 700	—	75 000	—	—	—	—	6 650	—	5 500	2 000	—
ОДЦА-40000/230* повы-шающий	86 500	33 000	34 300	—	74 000	—	—	7 450	—	6 340	—	5 250	2 000	—
АОДЦН-40000/220* пони-жающий	91 500	35 300	33 900	—	74 300	—	—	7 583	—	6 340	—	5 240	2 000	—
АОДЦН-60000/220* жающий	128 700	44 300	48 800	—	66 300	—	—	7 620	—	7 100	—	5 500	2 500	—
ОДЦА-80000/220* пони-жающий	131 000	45 100	49 000	—	66 500	—	—	7 620	—	8 120	—	5 800	2 500	—
ОДЦА-80000/220* шающий	150 000	48 000	64 000	—	123 000	—	—	8 300	—	7 500	—	5 800	2 500	—
АОДЦН-80000/220*	153 000	51 000	61 000	—	76 200	—	—	8 175	—	7 810	—	6 230	2 500	—
АОДЦН-90000/400*	225 000	67 000	100 000	—	120 000	—	—	10 200	—	10 500	—	6 500	2X2 000	—
АОДЦН-90000/500*	205 000	53 000	96 000	—	118 000	—	—	10 430	—	10 500	—	6 660	2X2 000	—

Продолжение табл. 29-8

Тип	Масса, кг				Размеры, мм				Расстояние между осями катушек при переключении по широкой стороне Д	№ рисунка			
	трансформатора полная	масла	высокой катушки и расширителем	кожуха с арматурой	отправочная	частей, отправленных в заводские при монтаже	масла, подделанные при монтаже	Высота, до					
								наиболее высокой точки А			крышки В	Длина В	Ширина на Г
АОДЦПТ-60000/500*	173 000	37 000	93 000	—	120 000	—	—	10 500	4 335	8 750	5 700	2×2 000	—
ОДТГА-138000/220*	188 500	63 200	75 000	—	90 300	—	—	8 650	—	9 450	6 250	2 500	—
АОДЦПТ-135000/500*	330 000	102 000	141 000	—	160 000	—	—	10 580	—	12 800	8 000	2×1 524	—
АОДЦПТ-135000/500*	230 000	58 000	130 000	—	160 000	—	—	10 100	—	10 000	6 200	2×1 524	—
АОДЦПТ-167000/400*	280 000	110 000	145 000	—	175 000	—	—	11 010	—	11 500	7 770	3×1 524	—
ОДТГА-167000/400*	280 000	82 000	141 000	—	170 000	—	—	10 700	—	11 300	4 900	2×1 524	—
АОДЦПТН-167000/500	188 000	45 000	106 000	—	160 000	—	7 400	9 700	4 600	10 500	6 000	2×1 524	29-21, а
АОДЦПТН-250000/500*	250 000	52 000	150 000	35 000	170 000	—	—	10 200	4 682	10 200	5 400	—	29-21, б
АОДЦПТН-267000/500	241 000	51 000	43 000	—	209 000	—	6 000	10 100	5 330	11 300	6 000	2×1 524	—
АОДЦПТН-417000/750	310 000	92 000	152 000	—	186 000	—	92 000	11 500	—	11 120	—	2×1 524	29-21, в

29-4. СУХИЕ СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Таблица 29-9

Технические данные, масса и размеры сухих силовых трансформаторов

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения, кВ			Потери, Вт		Ток х. з., % номинального	Напряженность, к. в. / % номинального	Масса, кг		Размеры, мм (рис. 29-22)					Цена, руб.		
		ВН	НН	ВН	к. в.	х. х.			к. в.	всего трансформатора	выемной части	кожуха	А	Б	В		Г	Колен катушек Д
ТСЗ-160/10	160	10,5	0,69	700	2 700	4,0	5,5	1 200	280	1 780	935	1 690	1 590	—	2 900			
ТС-180/10*	180	10,5	0,525	1 600	3 000	4	5,5	1 790	380	2 114	1 182	2 045	1 969	880	2 000			
ТСЗ-250/10*	250	10,5	0,69	1 000	3 600	3,5	5,5	1 630	280	1 830	955	1 835	1 735	—	3 600			
ТС-320/10*	320	10,5	0,525	2 600	4 900	3,5	5,5	2 407	380	2 114	1 182	2 045	1 969	880	2 400			
ТСЗ-400/10	400	10,5	0,69	1 300	5 400	3,0	5,5	2 270	340	2 230	960	2 135	2 035	—	5 000			
ТС-560/10*	560	10,5	0,525	3 500	7 400	3,0	5,5	3 488	453	2 400	1 302	2 300	2 220	820	3 400			
ТСЗ-630/10*	630	10,5	0,69	2 000	7 300	3,0	5,5	3 220	390	2 220	1 090	2 260	2 160	—	6 800			
ТС-750/10*	750	10,5	0,525	4 900	8 800	2,5	5,5	4 483	610	2 400	1 302	2 300	2 220	820	3 900			
ТСЗ-1000/10	1 000	10,5	0,69	3 000	11 200	2,5	5,5	4 470	470	2 375	1 310	2 520	2 420	—	9 300			
ТСЗ-1600/10	1 600	10,5	0,69	4 200	16 000	2,5	5,5	5 630	570	2 610	1 310	3 150	3 050	—	13 000			

\* Выпуск прекращен

## 29-5. ШАХТНЫЕ И БУРОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

## а) ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Таблица 29-10

Технические данные трансформаторов для шахтных и буровых установок

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Верхний предел номинального напряжения обмоток, В		Потери, Вт		Ток х. х., %	Напряжение к. з., %	Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			
ТСШ-2,5/0,5	2,5	500	133	65	70	16	4,5	60,0
ТСШ-4,0/0,5	4,0	220/380	133	90	90,0	20	4,5	95
ТСШ-4,0/0,7	4,0	660/380	133	90	90	20	4,5	105
ТМШ-50/6	50	6 000	525	350	1 325	7	5,5	310
ТМШ-75/6	75	6 000	525	490	1 875	6,5	5,5	330
ТМШ-100/6	100	6 000	525	600	2 400	6,5	5,5	385
ТМШ-180/6	180	6 000	525	1 000	4 000	6	5,5	570
ТМШ-320/6	320	6 000	525	1 600	6 070	6	5,5	530
ТМРШ-180/6	132,6	6 000	380	1 000	3 520	8	4,3	750
ТМБ-320/6	300	6 000	525	1 600	5 400	6	4,8	—
ТКШВ-40	40	6 000	400/690	275	805	5,2	3,45	—
ТКШВ-75/6	75	6 000	400/690	600	850	—	2,4	—
ТКШВ-100/6	100	6 000	400/690	620	1 385	—	3,0	—
ТКШВС-220,6	200	6 000	400/690	—875	2 530	—	2,8	—
ТКШВС-250/6	250	6 000	400/690	815	3 430	—	3,4	—
ТКШВС-160/6	160	6 000	400/690	730	2 190	—	2,9	—
ТКШВС-320/6	320	6 000	400/690	1 100	3 685	—	3,0	—

Примечание. С — сухой (в ТКШВС — на стеклопластике); М — масляный; Ш — для шахтных установок; Б — для буровых установок; Р — для выпрямительных установок; К — кварцевонаполненные; В — взрывобезопасный.

## б) МАССА И РАЗМЕРЫ

Таблица 29-11

Масса и размеры трансформаторов для шахтных и буровых установок

Тип	Масса, кг			Размеры, мм (рис. 29-23)					
	полная	выемной части	масла	А	Б	В	Г	Д	Е
ТСШ-2,5/0,5	135	80	55	—	—	—	—	—	—
ТСШ-4,0/0,5	190	104	86	—	—	—	—	—	—
ТСШ-4,0/0,7	136	—	—	—	—	—	—	—	—
ТМШ-50/6	650	250	190	1 355	955	1 140	810	630	70
ТМШ-75/6	820	345	240	1 395	1 035	1 310	840	630	70
ТМШ-100/6	910	385	250	1 395	1 035	1 440	845	630	70
ТМШ-180/6	1 480	540	520	1 740	1 380	1 580	960	750	75
ТМШ-320/6	2 000	770	650	1 815	1 140	1 870	1 060	750	85
ТМРШ-180/6	1 480	540	520	1 740	1 380	1 580	935	750	75
ТМБ-320/6	2 050	780	750	1 970	1 440	1 870	1 060	—	65
ТКШВС-40	980	—	—	1 300	—	590	900	—	—
ТКШВ-75/6	2 330	—	—	2 160	—	1 130	1 250	—	—
ТКШВ-100/6	2 350	—	—	2 160	—	1 130	1 250	—	—
ТКМВС-250/6	2 900	—	—	2 300	—	1 130	1 300	—	—
ТКШВС-320/6	3 600	—	—	2 750	—	1 130	1 475	—	—
ТКШВС-160/6	2 500	—	—	2 300	—	1 130	1 300	—	—

## 29-6. ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Таблица 29-12

Технические данные для электропечных трансформаторов с естественным масляным охлаждением

Тип	Мощность, кВ·А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Масса, т				Цена, тыс. руб.
		ВН	НН	х.х.	к.з.	полная	масла	выемной части	кожуха	
<i>Трехфазные трансформаторы для питания дуговых сталеплавильных электропечей</i>										
ЭТМПК-650/10	400	6	0,213	3	10	5,5	2,0	2,55	0,95	3,3
	400	10	0,213	3	10,5					
ЭТМПК-1600/10	1 000	6	0,225	5,3	20,5	9,3	3,5	4,1	1,67	4,5
	1 000	10	0,225	5,3	21,5					
ЭТМПК-2700/10	1 800	6	0,242	8,2	28,1	12,4	4,3	5,8	2,34	5,9
	1 800	10	0,2445	8,1	28,4					
ЭТМПК-4200/10	2 800	6	0,257	13,5	41,5	18,7	5,9	8,8	3,9	8,1
	2 800	10	0,257	13,5	40,8					

Продолжение табл. 29-12

Тип	Мощность, кВ·А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Масса, т				Цена, тыс. руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.	полная	масла	выемной части	кожу-ха	
ЭТЦПК-7500/10	5 000	6	0,278	17,5	84,6	19,5	5,7	11,4	2,3	—
	5 000	10	0,278	17,5	82,6					
ЭТЦПК-13500/10	9 000	6	0,1385	32,7	114,4	35	11,6	18,8	3,8	—
	9 000	10	0,3175	32,7	114,7					
ЭТЦНК-24000/35	15 000	35	0,368	59,5	139	56,3	16,7	32,2	7,4	30,5
	25 000	35	0,417	85,6	217					

Таблица 29-13

## Технические данные трансформаторов для дуговых электрических печей

Тип трансформаторного агрегата	Номинальное значение		Потери, кВт		Ток х. х. агрегата, % номинального	Напряжение к. з. % номинального		Цена, руб.	
	мощности, кВ·А	напряжения, кВ		к. з. агрегата		х. х. при номинальном первичном токе агрегата	трансформатора		агрегата
<i>Однофазные трансформаторы для питания дуговых медеплавильных печей</i>									
ЭПОМ-175/10	175	3	0,1	—	—	—	—	—	484
		6,3							
		10,5							
ЭПОМ-250/10	250	3	0,11	—	—	—	—	—	610
		6,3							
		10,5							
ЭОМК-390/10	250	6,0	0,117	5,2	1,8	8,2	5,2	30,2	1 380
		6,0	0,095	6,7	1,1	—	6,6	31,6	
		10	0,118	5,2	1,8	8,2	5,3	30,3	
		10	0,095	6,7	1,1	—	6,8	31,8	
ЭОМК-600/10	400	6	0,131	9,1	2,3	7,3	5,4	25,4	1 960
		6	0,102	12,0	1,3	—	7,2	27,2	
		10	0,131	9,1	2,3	7,3	5,3	25,3	
		10	0,102	13,0	1,3	—	7,1	27,1	
<i>Однофазные трансформаторы для электропечей различного назначения</i>									
ЭОМН-1500/10	1 300	6 000	11,60	22	4,1	3	9,2	—	4 500
		10 000							
ЭОМН-2000/10	1 000	6 000	93,7 или 18	22	6,1	6	4,5	—	5 900
		10 000							
ЭОМН-3500/10	2 500	10 000	1175	21	6	3,5	7,7	—	—
		1 200							

Таблица 29-14

## Характеристика однофазных трансформаторов для питания электропечей по выплавке корунда, цинковых концентратов, возгонки желтого фосфора, наплавления закиси, никеля и др.

Тип	Мощность, кВ·А	Напряжение, кВ		Потери, кВт		Напряжение к. з., %	Ток х. х., %	Масса, кг				Цена, руб.
		ВН	НН	х. х.	к. з.			полная	масла	выемной части	кожу-ха	
ЭОЦН-8200/10	4 000	10	0,408	22,5	25,5	3,2	5,5	17 600	5 230	10 070	1 755	12 200
	5 500		0,204	22,5	56	4,75						
ЭОЦН-14000/35	8 000	35	0,120	28	155	6,2	3,5	27 360	8 680	13 340	4 200	17 600
			0,240		86	4,93						
ЭОЦН-25000/35	16 667	35	0,360	46,5	78,5	5,25	3,5	38 375	11 140	20 280	4 652	25 000
			0,800		125	5,3						
ЭОЦН-30000/35	16 667	35	0,500	32,5	75,5	4,6	1,25	42 300	11 300	23 350	7 650	—
ЭОЦНК-40000/150	21 000	154	0,230	32—	250	11,9	3	82 250	24 500	42 200	14 850	—
			0,188	40		19,0						
			0,137			37,0						

### 29-7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Трансформаторы для преобразовательных установок

Таблица 29-15

Тип	Выпрямительное напряжение, В	Выпрямительный ток, А	Напряжение сетевой обмотки трансформатора, кВ	Номинальная мощность, кВ·А	Потери, кВт		$I_{х.х.}/I_{к}$	Цена, руб.
					х. х.	к. з.		
<i>Трансформаторы для ртутно-преобразовательных агрегатов электропривода</i>								
ТДНРУ-1600/10	825 1 050	6 300 5 000	6,0; 10,0 6,0; 10,0	6 130 6 130	84,2	21,0	2,82/10,5	— —
ТДНРУХ-40000/10	825	10 000×2	10,0	9 822×2	64,0	241,0	2,85/11,8	—
ТДНР-20000/10	825	5 000×2	10,0	4 790×2	35,0	118,0	3,76/10,3	47 400
	825	5 000×2	6,0	4 810×2	35,0	122,0	3,75/10,3	—
	1 050	4 000×2	6,0	4 854×2	35,0	128,0	3,6/10,4	—
ТДР-12500/10	1 050	4 000×2	6,0	4 875×2	24,5	90,3	—/8,93	—
ТДР-20000/10	825	8 000×2	10,0	7 750×2	25,5	165	—/11,2	—
	1 050	6 300×2	10,0	7 690×2	—	—	—/10,4	—
ТДР-12500/110	825	5 000×2	110,0	4 780×2	30,0	77,5	3,7/8,2	41 900
ТНР-800/10	460	1 000	10,0	540	—	—	—	9 120
	230	2 000	6,0	564	3,1	10,9	6,6/5,3	—
ТНР-1600/10	825	1 120	6,0; 10,0	1 048	—	—	—	12 240
	660	1 250	6,0; 10,0	956	—	—	—	—
	460	2 000	6,0; 10,0	1 078	4,2	18,4	4,7/6,3	—
	345	2 800	10,0	1 159	—	—	—	—
	230	4 000	6,0; 10,0	1 127	34,0	18,8	4,0/7,1	—
ТМР-1600/10	460	2 240	6,0; 10,0	1 210	3,5	17,3	3,9/—	—
	825	1 250	6,0; 10,0	1 206	3,5	16,2	3,9/—	—
	660	1 600	6,0; 10,0	1 235	3,5	17,2	3,8/6,7	—
ТМР-3200/10	660	3 200	10,0	2 494	8,85	28,6	4,31/9,6	—
ТМР-6300/10	1 050	4 000	6,0	4 855	12,0	45,0	2,9/8,9	—
	825	5 000	10,0	4 814	12,0	45,6	2,9/8,7	—
	660	6 300	10,0	4 923	11,5	48,4	2,5/9,5	—
ТМРУ-2000/10	460	2 240	10,0	1 200	—	—	—	—
ТМНР-1600/10	460	1 400	6,0; 10,0	757	5,0	12,0	7,85/—	—
ТМНР-3200/10	345	2 800	6,0	1 145	8,5	16,0	6,1/—	14 640
	460	2 800	6,0	1 510	8,5	16,0	8,4/—	—
	660	2 000	6,0; 10,0	1 525	—	—	—	—
	825	1 600	6,0; 10,0	1 500	—	—	—	—
ТМНР-6300/10	825	3 200	6,0	3 030	—	—	—	20 880
	660	4 000	10,0	3 090	14,2	33,0	5,05/8,37	—
ТМНРУ-2000/10	460	1 400	10,0	757	—	—	—	—
ТМНРУ-4000/10	345	2 800	10,0	1 145	—	—	—	15 960
	460	2 800	10,0	1 510	—	—	—	—
	460	2 800	6,0	1 509	—	—	—	—
ТМНРУ-8000/10	1 050	2 500	6,0	3 050	—	—	—	—
<i>Трансформаторы для полупроводниковых преобразователей электролизных производств</i>								
ТМНПУ-4000/10	75	12 500	6,0; 10,0	1 250	8,0	38,0	3,5/6,1	—
	150	6 300	6,0; 10,0	1 190	8,0	30,0	3,5/5,5	—
ТМНПУ-8000/10	75	12 500×2	6,0; 10,0	2 520	12,0	72,0	3,0/9,5	—
	150	12 500	6,0; 10,0	2 345	12,0	55,0	3,0/6,0	—
ТДНПВ-12500/10	150	25 000	6,0; 10,0	4 800	12,0	71,0	2,12/9,0	—
ТДНПВ-10000/10—1	300	12 500	6,0; 10,0	4 510	—	—	—	22 000
ТДНПВ-12500/10—1	450	12 500	6,0; 10,0	6 750	—	—	—	32 200
	850	6 300	6,0; 10,0	—	—	—	—	—
ТДНПВ-25000/35—1	450	25 000	35,0	13 400	—	—	—	43 000
	850	12 500	35,0	—	—	—	—	—
ТДНП-16000/10	300	25 000	6,0; 10,0	9 450	—	—	—	—
ТДНП-25000/10	450	25 000	6,0; 10,0	13 600	—	—	—	—
ТДНП-25000/35	450	25 000	35,0	13 700	—	—	—	—
ТДНП-32000/10	600	25 000	10,5	17 800	—	—	—	—
ТДНП-40000/10	850	25 000	10,5	25 000	39,5	145,0	0,8/10,9	81 000
<i>Трансформаторы для тиристорных преобразователей установок электропривода</i>								
ТНП-400/10	460	500	10,0	282	—	—	—	5 520
	460	630	6,0; 10,0	355	1,5	8,0	5,07/11,8	—
	230	800	6,0; 10,0	226	—	—	—	—
	230	1 250	6,0; 10,0	352	1,5	7,4	5,03/11,8	—
ТНП-800/10	460	800	10,0	451	—	—	—	8 400
	460	1 000	10,0	564	2,7	10,5	7,26/8,65	—
	460	1 250	10,0	704	—	11,4	5,8/9,15	—
ТСЗП-200/0,7	230	630	0,38	181	1,05	2,96	2,5/5,2	—
	460	355	0,38	203	1,05	3,46	2,5/5,75	—
ТСЗП-400/10	230	1 250	6,0; 10,0	352	1,5	5,5	1,5/7,1	—
	345	900	6,0; 10,0	380	1,5	5,8	1,5/7,65	—
	460	630	6,0; 10,0	355	1,5	5,1	1,5/7,1	—
ТСЗП-800/10	345	1 600	6,0; 10,0	684	2,4	8,55	1,4/7,1	—
	460	1 250	6,0; 10,0	701	2,4	8,45	1,4/7,2	—

Продолжение табл. 29-15

Тип	Выпрямительное напряжение, В	Выпрямительный ток, А	Напряжения сетевой обмотки трансформатора, кВ	Номинальная мощность, кВ·А	Потери, кВт		$I_{х.х.}/u_k$	Цена, руб.
					х. х.	к. з.		
<i>Трансформаторы для тяговых подстанций электрифицированного железнодорожного и промышленного транспорта, метрополитена и городского транспорта</i>								
ТМП-1600/10	825	1 600	6,3; 10,5	1 515	4,5	16,5	3,7/8,5	—
ТМП-3200/10	825	3 200	6,3; 10,5	3 065	7,1	29,0	2,4/10,5	9 150
ТМРУ-16000/10*	3 300	3 200	6,0; 10,5	11 840	33,0	79,0	3,18/7,35	—
ТДРУ-20000/10*	3 300	3 200	6,3	11 830	29,0	101,0	2,7/7,5	24 600
ТДРУ-20000/35	—	2 000	10,5	9 240	29,0	53,0	3,516	—
ТМПУ-6300/35	3 630	3 000	38,5	13 350	—	—	—	25 100
ТМПУ-6300/35	1 650	2 500	6,3; 31,5	4 680	—	—	—	16 400
ТДРУНГ-20000/110	3 300	1 250	10,5; 31,5	4 640	—	—	—	—
	3 700	3 000	110,0	12 750	—	—	—	38 000
<i>Трансформаторы для комплектно-выпрямительных подстанций цеховых сетей</i>								
ТНПУ-1000/10	230	2 000	6,0; 10,0	520	3,25	10,6	6,6/5,1	9 120
ТНПУ-2000/10	230	4 000	6,0; 10,0	1 054	4,45	17,5	4,2/6,5	12 720
ТСЗПУ-1000/10	230	2 000	6,0; 10,0	527	—	—	—	—
ТСЗПУ-2000/10	230	4 000	6,0; 10,0	1 054	—	—	—	—
<i>Трансформаторы для гальваностегии и размерной обработки металлов</i>								
ТСЗПУ-250/0,7Г	12	6 300	0,38	105	—	—	—	—
ТСЗПУ-500/0,7Г	12	12 500	0,38	208	—	—	—	—
ТНПУ-1000/10Г	24	12 500	6; 10	398	—	—	—	—
	48	6 300	6; 10	402	—	—	—	—
	24	6 300	0,38	210	—	—	—	—
<i>Трансформаторы для дуговых вакуумных электродов</i>								
ТМНПВ-8000/10П	75	25 000	10/5,775	2 520	12,0	68,2	5/7,38	—
ТМНПВ-4000/10П	75	12 500	10/5,775	1 262	7,65	38,5	4/6,7	—
ТДНПВ-12500/10П	75	37 500	10/5,775	3 790	—	—	—	—

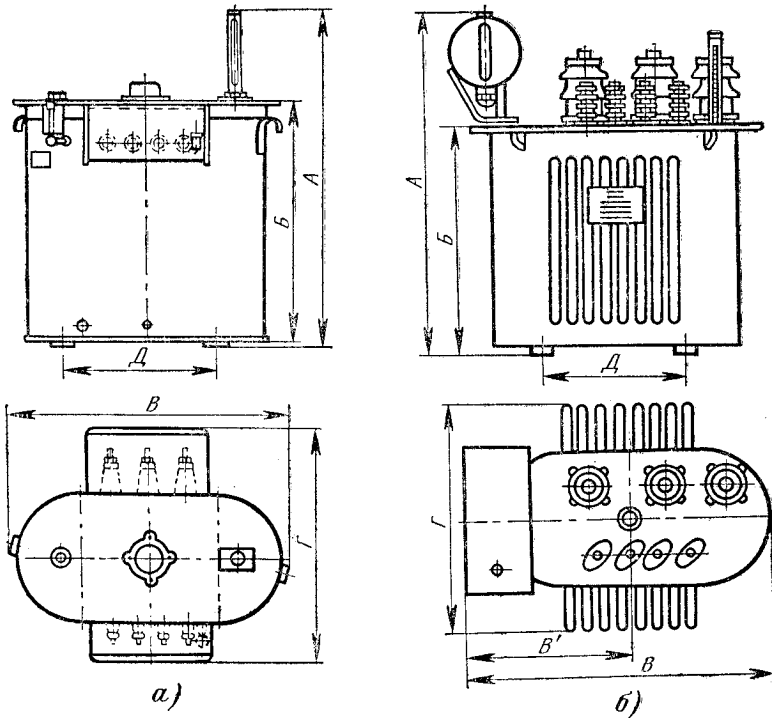


Рис. 29-1. Трансформаторы.

а — ТМ-20 — ТМ-50; б — ТСМ-20 — ТСМ-100.



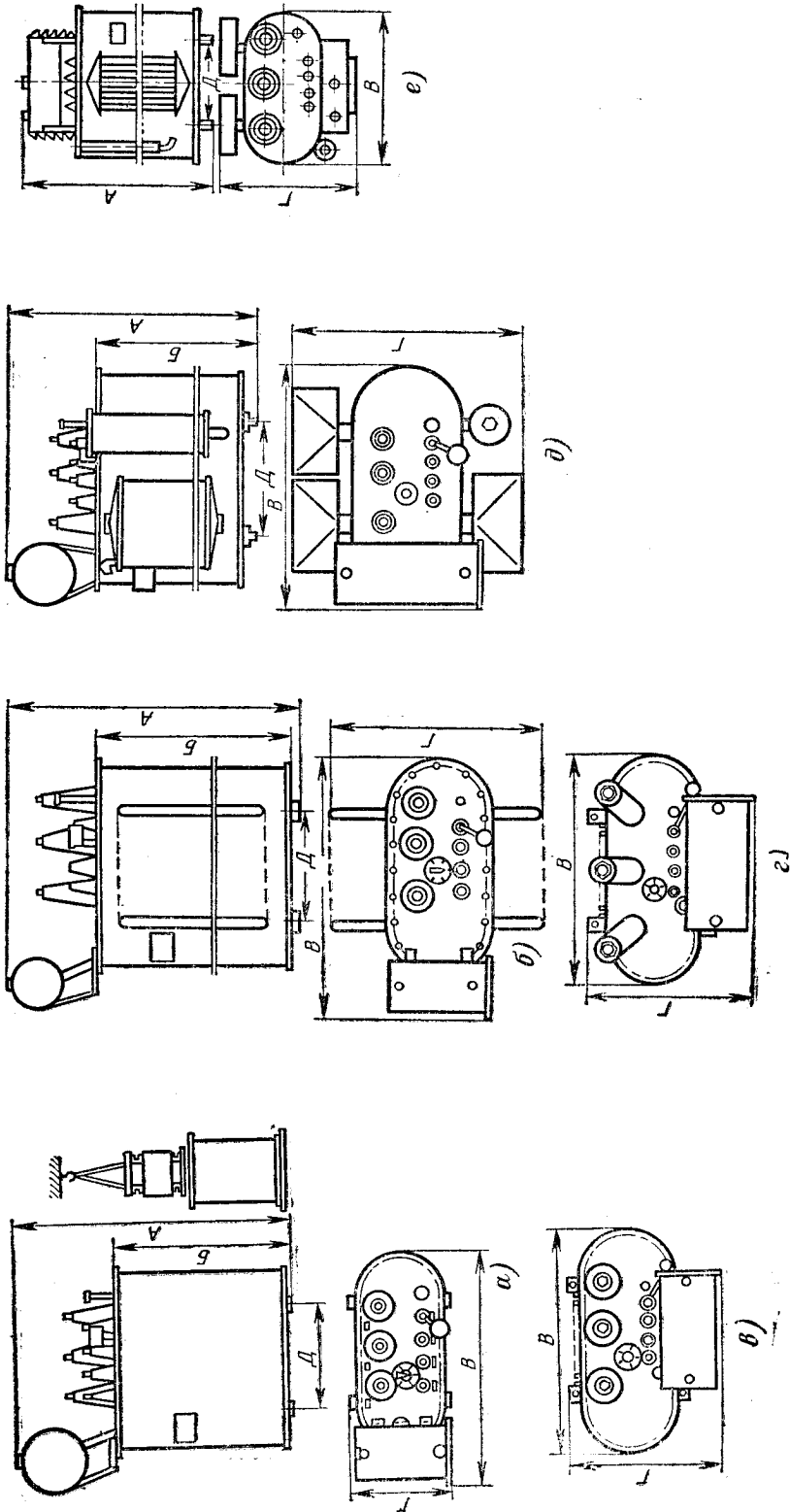


Рис. 29-2. Трансформаторы.  
 а — ТМ-25/6-10; б — ТМ-100/6-10, ТМ-63/10, ТМ-40/6-10; в — эскиз крышки ТМ-100/20; г — эскиз крышки ТМ-63/20; д — ТМ-250/6-10; е — ТМ-250/35, ТМ-400/35; з) — эскиз крышки ТМ-40/6-10.

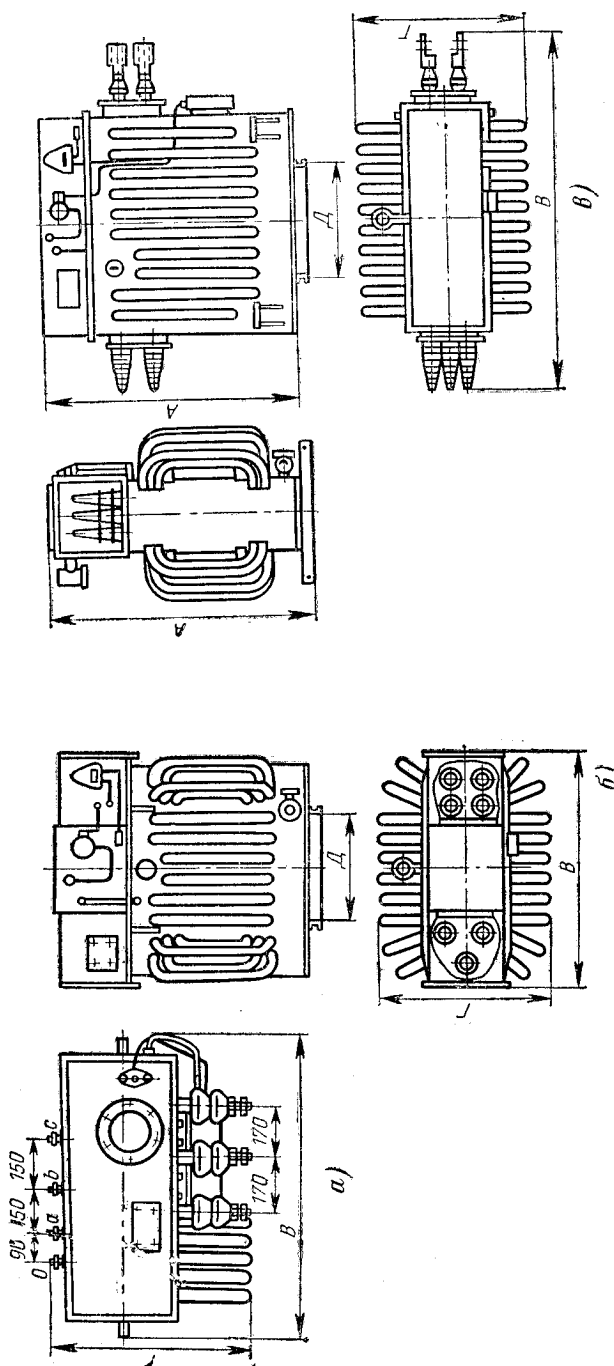


Рис. 29-3. Трансформаторы.  
 а — эскизы крышек ТНЗ-25/10, ТНЗ-40/10; б — ТНЗ-250/10—ТНЗ-630/10; в — ТНЗ-1000/10, ТНЗ-1600/10.

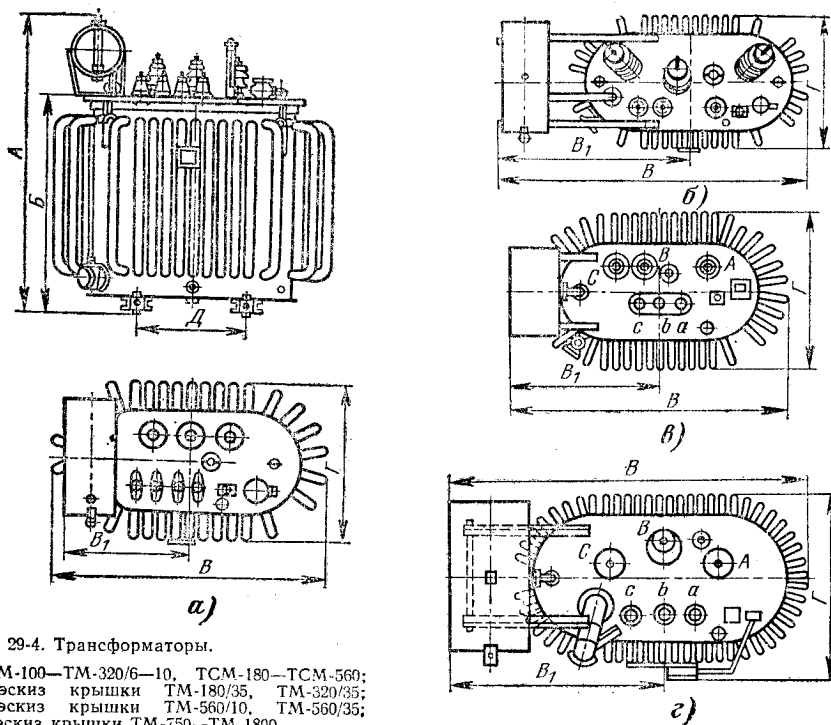


Рис. 29-4. Трансформаторы.

а — ТМ-100—ТМ-320/6—10, ТСМ-180—ТСМ-560;  
 б — эскиз крышки ТМ-180/35, ТМ-320/35;  
 в — эскиз крышки ТМ-560/10, ТМ-560/35;  
 г — эскиз крышки ТМ-750—ТМ-1800.

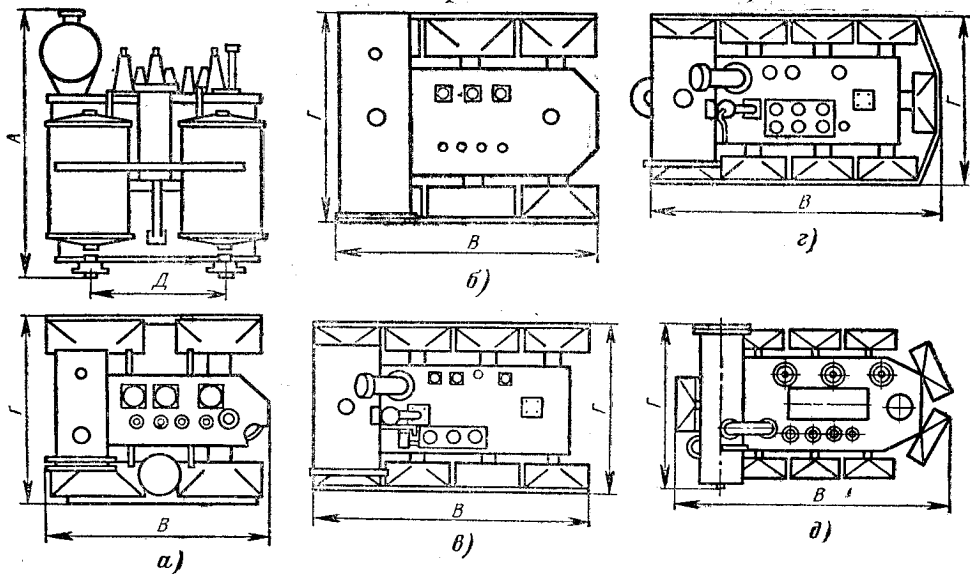


Рис. 29-5. Трансформаторы.

а — ТМ-400/10; б — эскиз крышки ТМ-630/10, ТМ-630/20—35; в — эскиз крышки ТМ-1000/10; г — эскиз крышки ТМ-1600/10; д — эскиз крышки ТМ-1000/33, ТМ-1600/35.

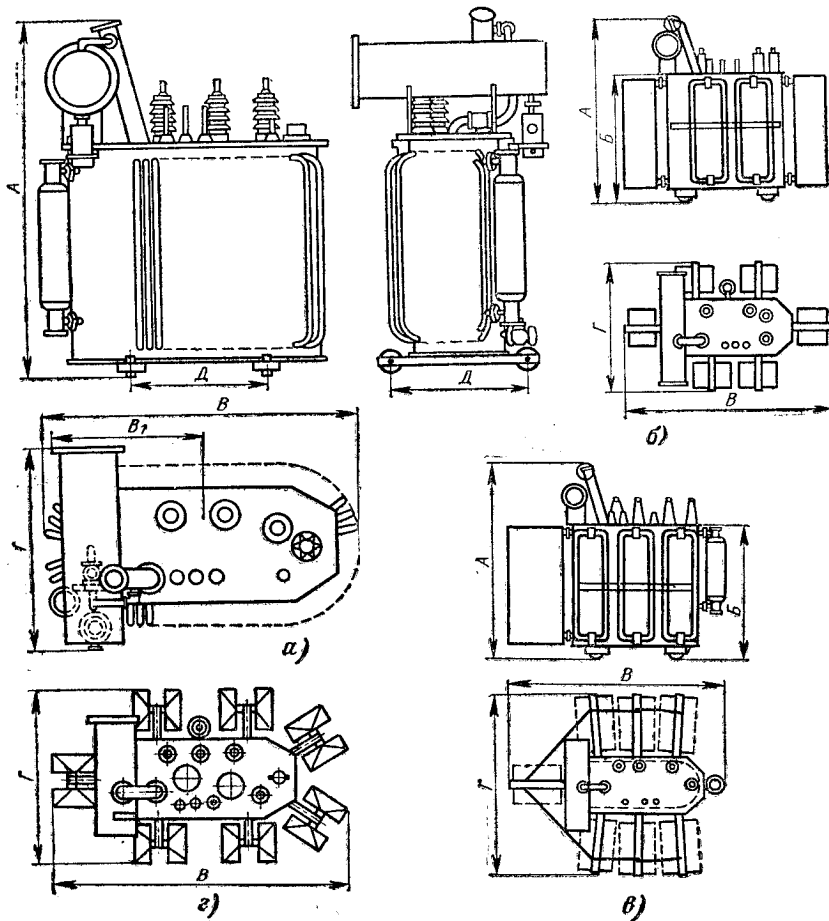


Рис. 29-6. Трансформаторы.

*a* — ТМ-1000/35А, ТМ-1000/10А; *б* — ТМ-1600/10—35А, ТМ-2500/10—35А; *в* — ТМ-4000/10—35, ТМ-6300/10—35; *г* — ТМ-2500/35.

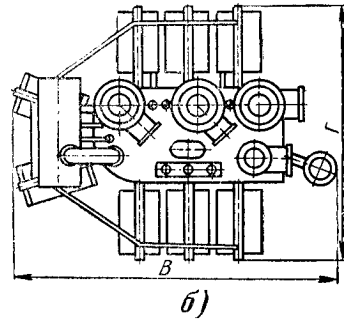
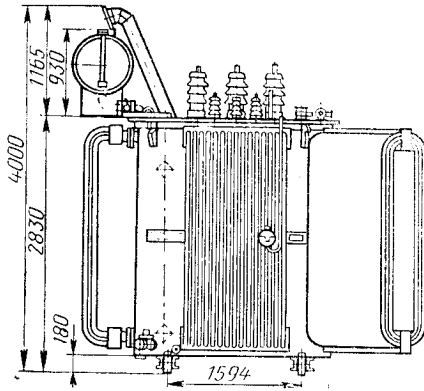


Рис. 29-7. Трансформаторы.  
а — ТМ-3200/10—35; б — эскиз крышки ТМ-6300/110.

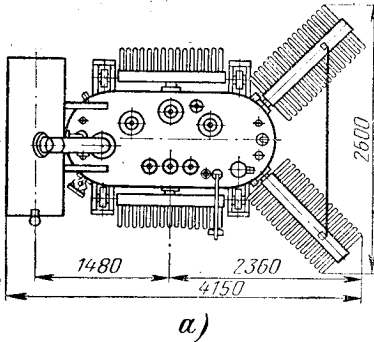
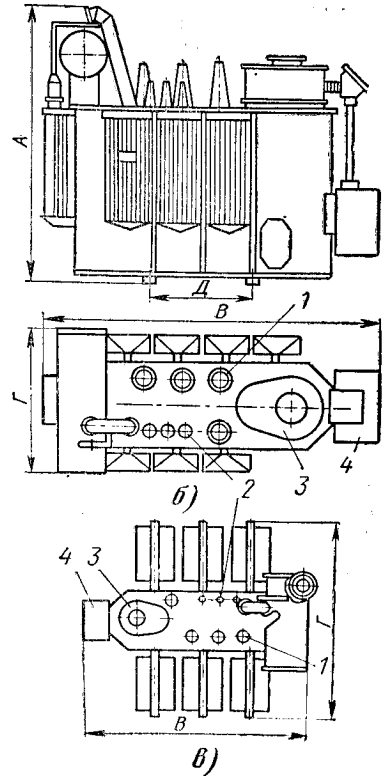
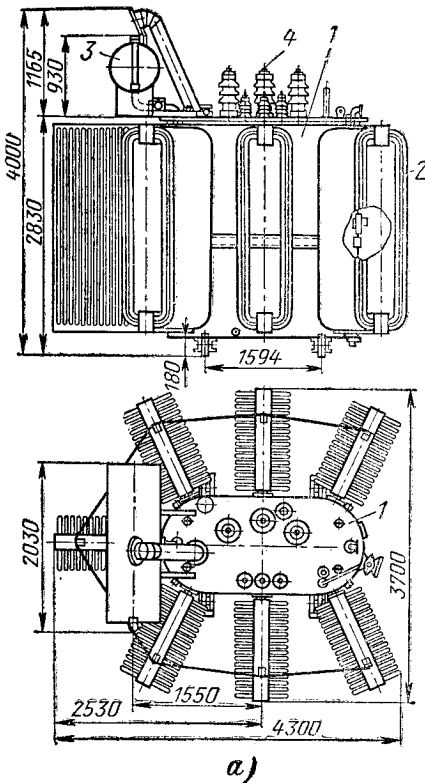


Рис. 29-8. Трансформаторы.  
а — ТМ-5600/10—35; б — ТМН-1000/35, ТМН-1600/35; в — эскиз крышки ТМН-2500/35—6300/35; 1 — ввод ВН; 2 — ввод НН; 3 — регулятор напряжения; 4 — привод регулятора напряжения.





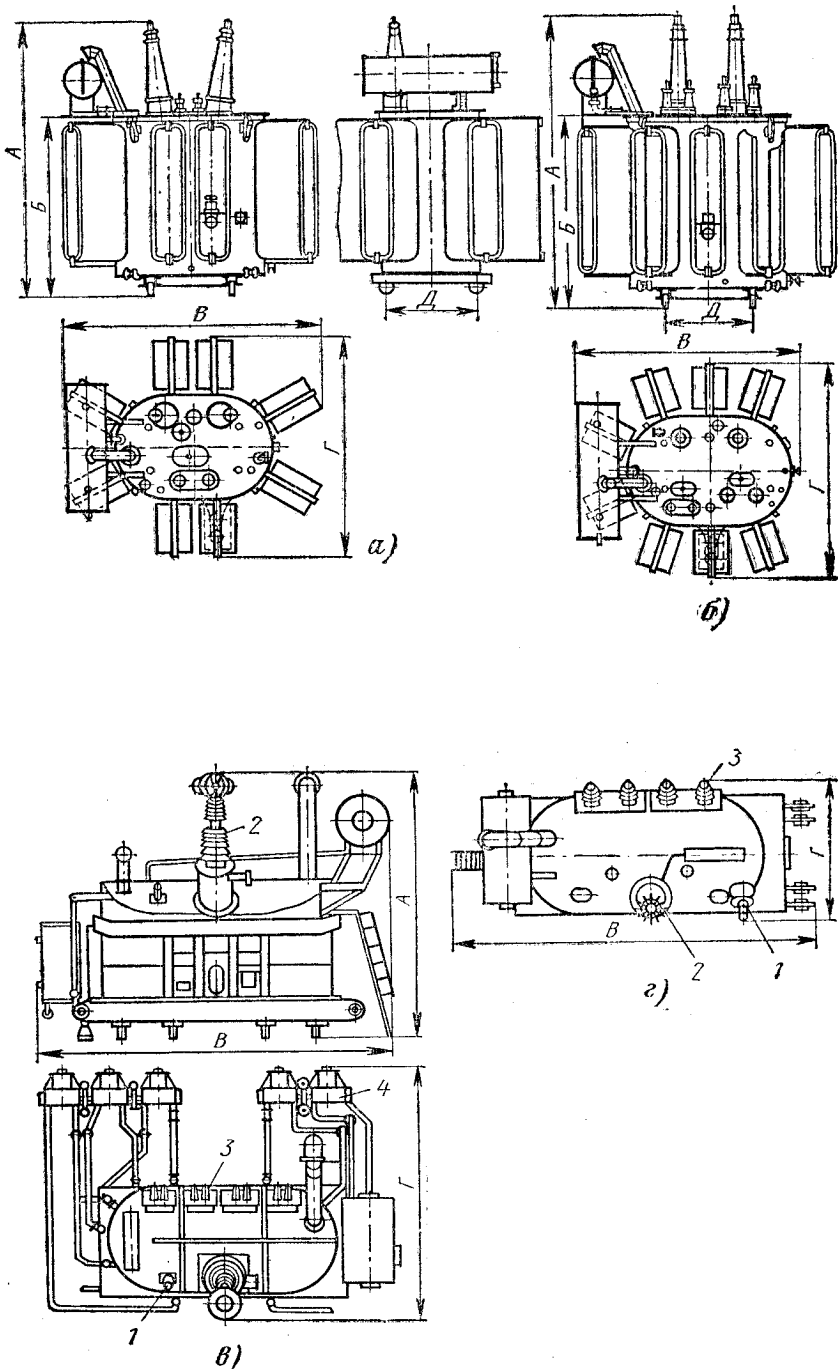


Рис. 29-10. Трансформаторы.

а — ОДГ-10500/110—ОДГ-50000/110; б — ОМТГ-50000/110—6667/110 и ОДГ-10500/110—ОДГ-20000/110; в — ОДЦ-150000/400; г — эскиз крышки ОЦ-417000/500; д — ввод нейтрали ВН 35 кВ; е — ввод ВН 500 кВ; ж — ввод НН 120 кВ; з — охлаждающее устройство типа ДЦ.

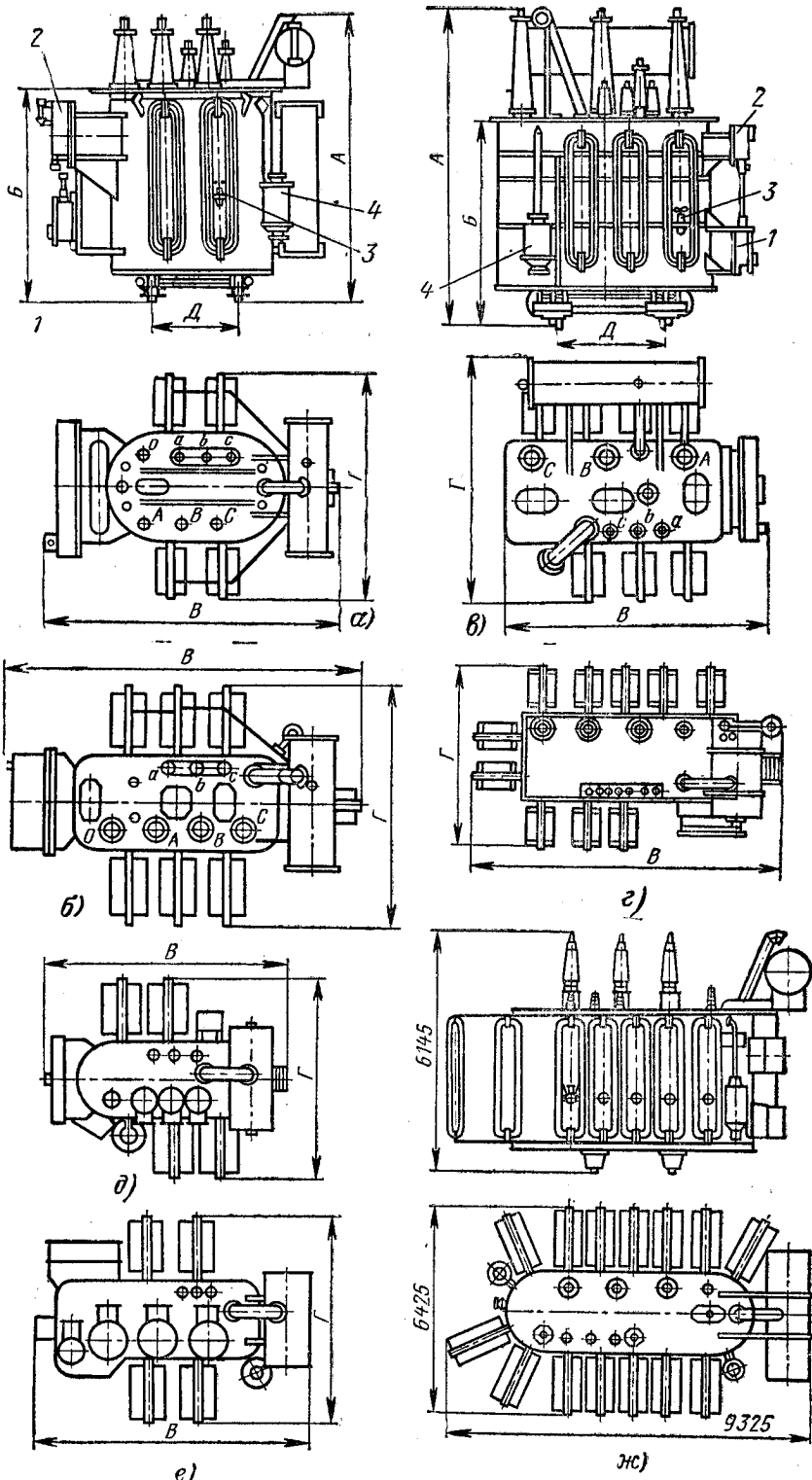


Рис. 29-11. Трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой.  
 а — ТДН-10000/35; б — эскиз крышки ТДН-15000/35—20000/35, ТДН-31500/35; в — ТДНГ-10000/110—ТДНГ-20000/110, ТДН-15000/110; г — эскиз крышки ТДНГ-31500/110, ТДН-31500/110; д — эскиз крышки ТДНС-10000/35, ТДНС-16000/35; е — эскиз крышки ТДН-10000/110; ж — эскиз крышки ТДНГ-60000/110; з — приводной механизм РПН; 2 — коробка контактов; 3 — электродвигатель вентилятора обдува; 4 — термосифонный фильтр.



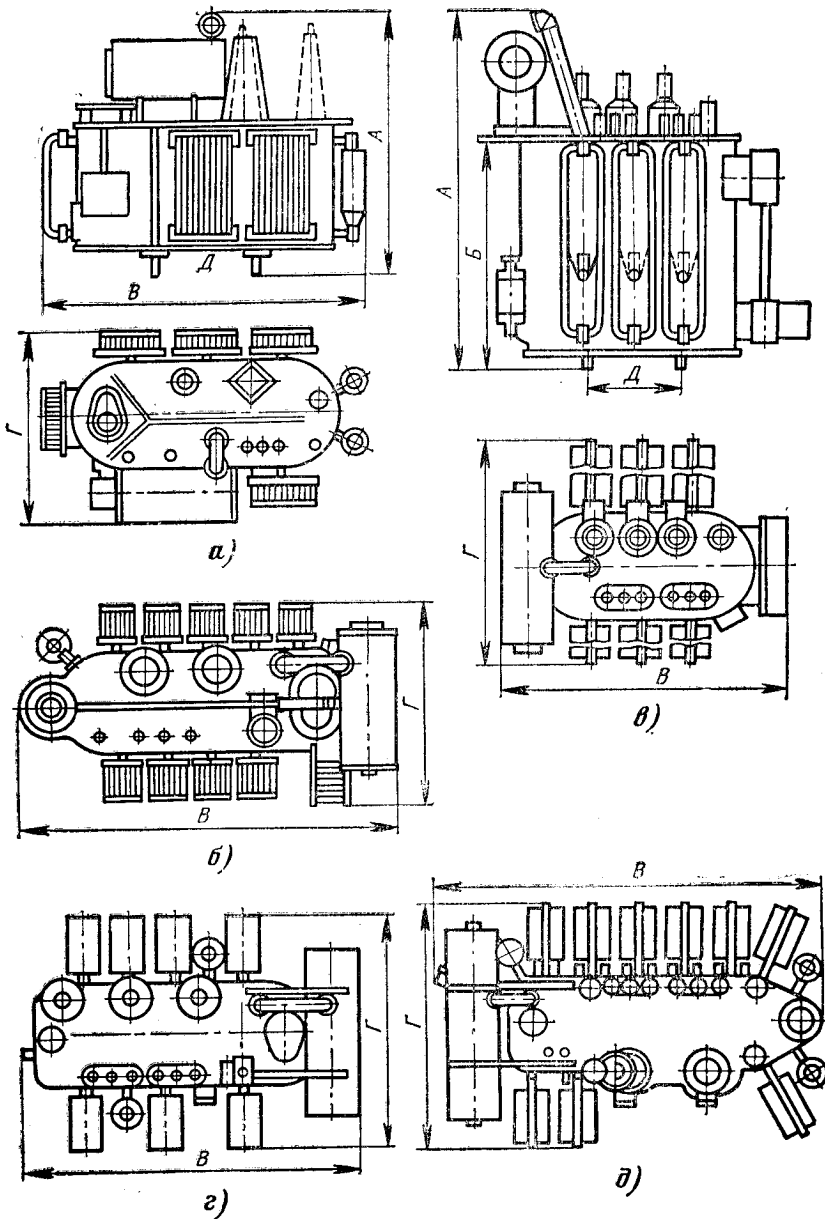


Рис. 29-12. Трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой.  
*а* — ТАМН-2500/110, ТАМН-2500/150, ТМН-2500/110; *б* — эскиз крышки ТМН-6300/110—ТМН-10000/110; *в* — ТРДН-25000/35; ТРДН-32000/35; *г* — ТРДН-32000/110; ТРДН-32000/150; ТРДН-40000/110, ТРДН-25000/110; *д* — эскиз крышки ТРДНГ-32000/220.

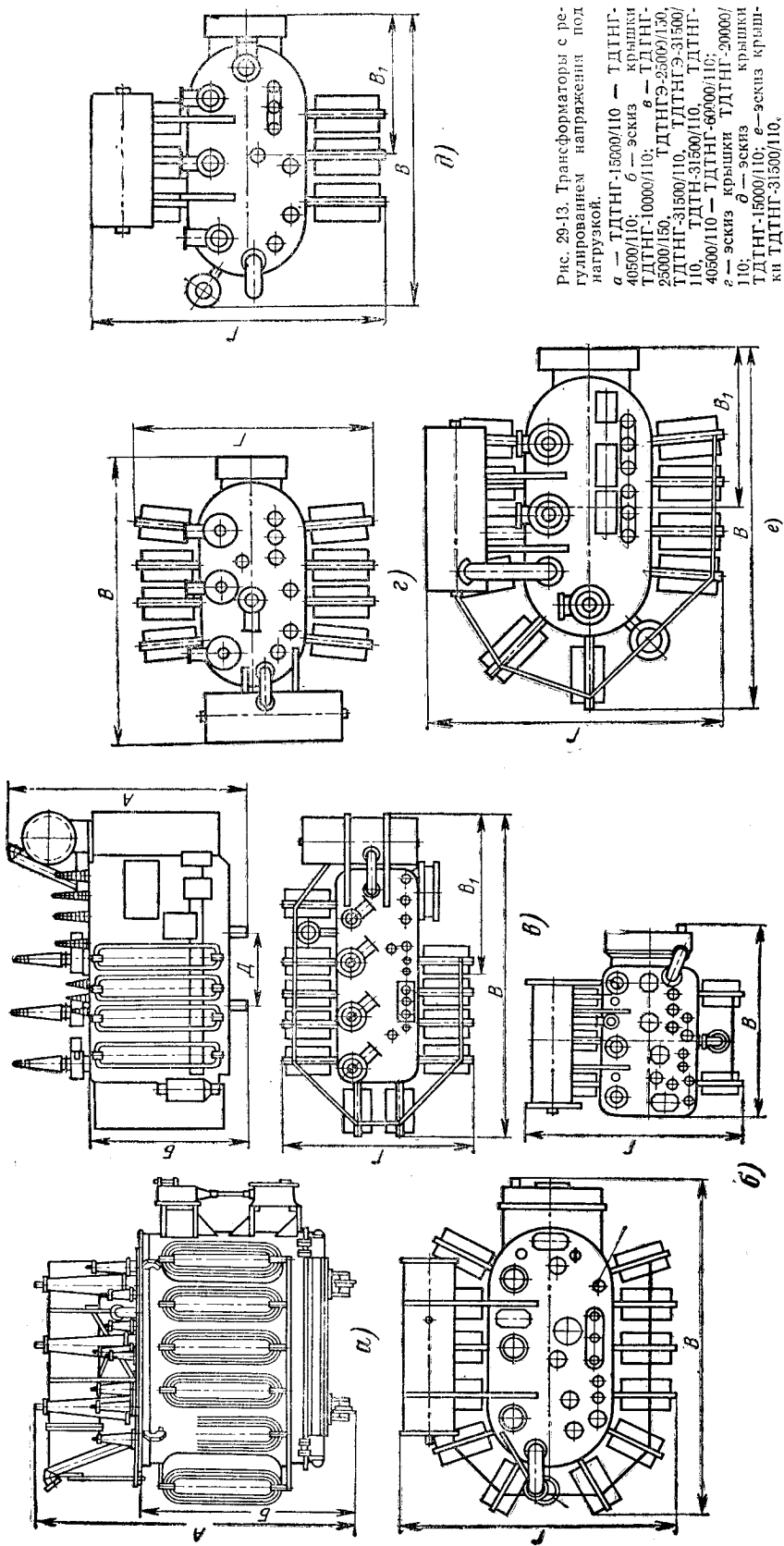


Рис. 29-13. Трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой.

а — ТДНГ-15000/110 — ТДНГ-40500/110; б — эскиз крышки ТДНГ-10000/110; в — ТДНГ-25000/150; г — ТДНГ-31500/110; д — ТДНГ-31500/110; е — эскиз крышки ТДНГ-40500/110 — ТДНГ-60000/110; ж — эскиз крышки ТДНГ-20000/110; з — эскиз крышки ТДНГ-15000/110; е — эскиз крышки ТДНГ-31500/110.

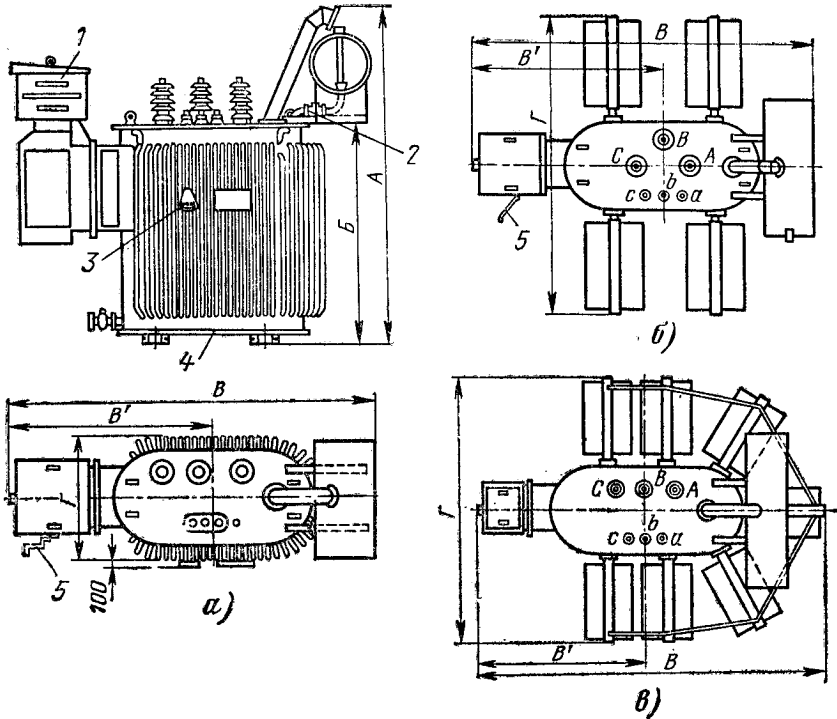


Рис. 29-14. Трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой.  
 а — ТМН-560/35, ТМН-1000/35, ТМН-1800/35; б — эскиз крышки ТМН-3200/35; в — эскиз крышки ТМН-5600/35; 1 — переключающее устройство; 2 — газовое реле; 3 — термостат; 4 — заземление; 5 — съемная рукоятка переключающего устройства.

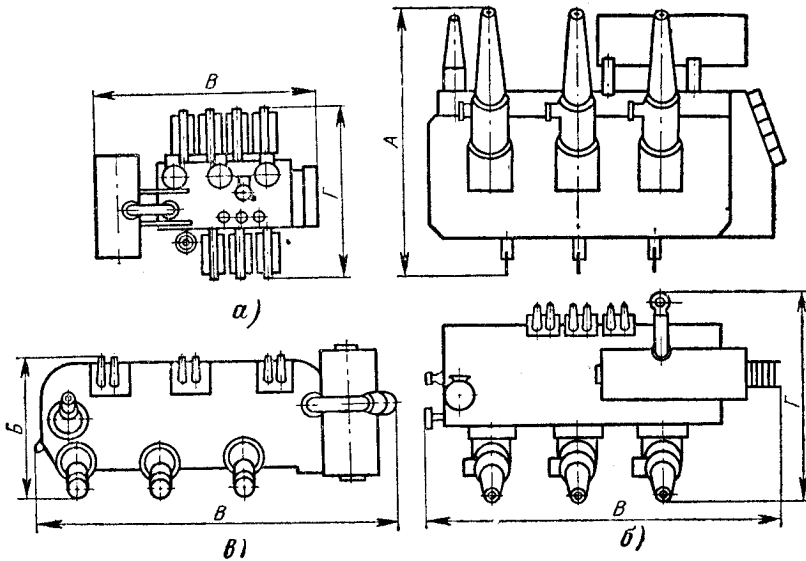
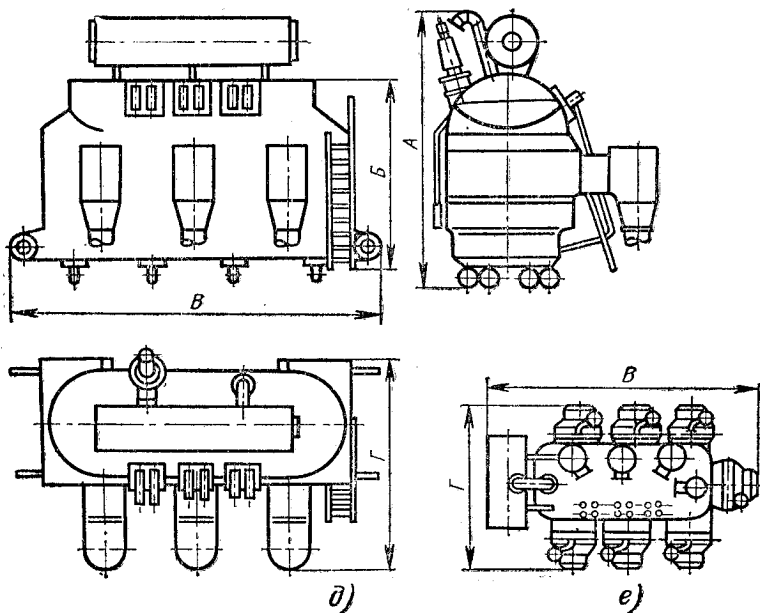
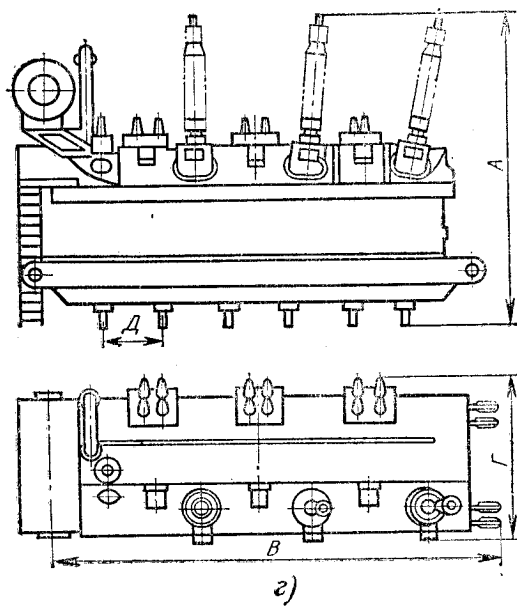


Рис. 29-15. Трансформаторы.

а — эскиз крышки ТДНТ-20000/110, ТДНГЭ-20000/110; б — ТДЦГ-90000/220 — ТДЦ-400000/150; в — ТДЦ-400000/110, ТДЦ-400000/220, ТДЦ-400000/330; г — ТДЦГ-275000/220;



ТДЦГ-360000/220; в — эскиз крышки ТДЦГ-125000/220, ТЦ-630000/220, ТДЦ-200000/110;  
 е — эскиз крышки ТДЦ-125000/110.

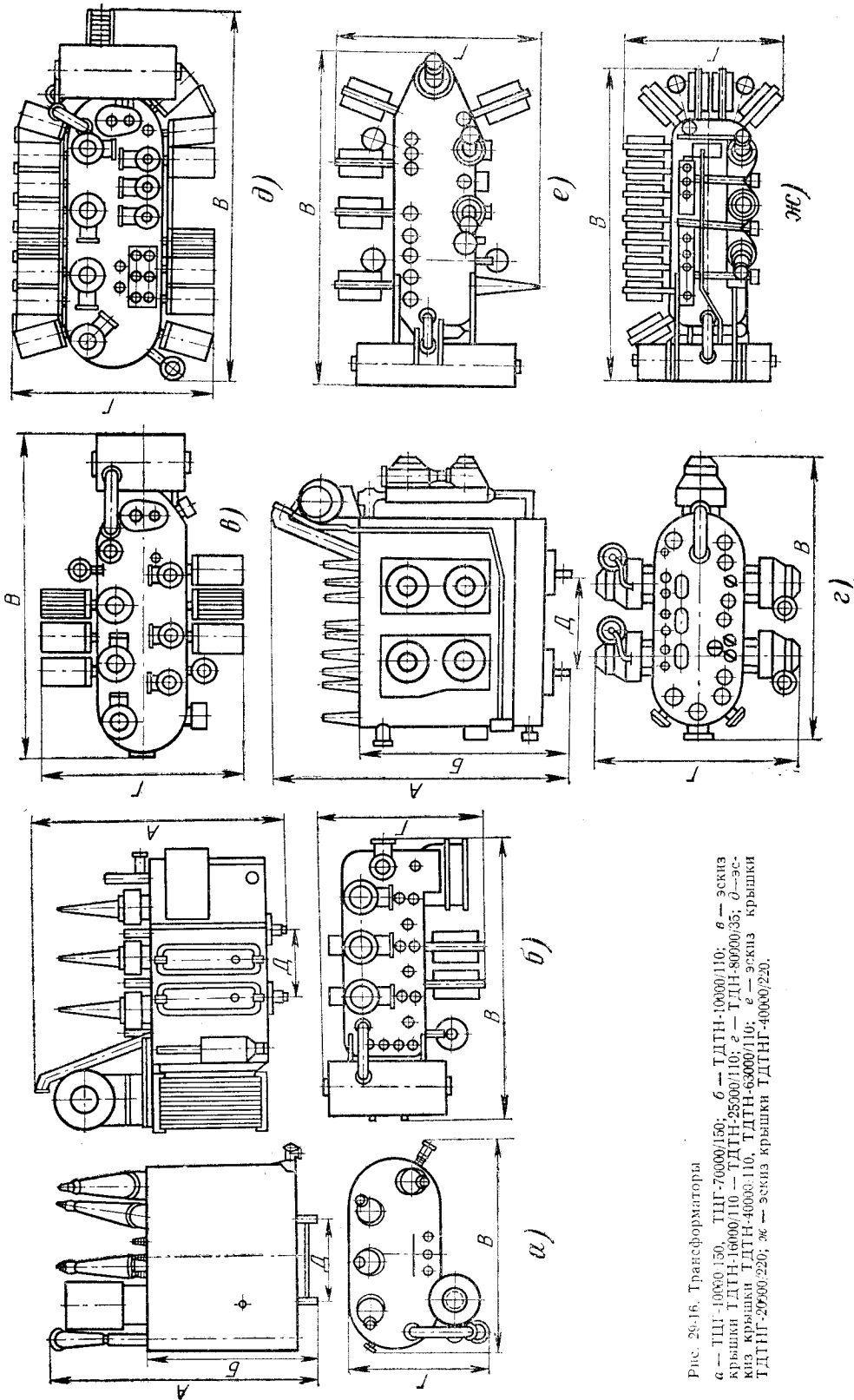


Рис. 26-16. Трансформаторы  
 а — ТЦГ-10000/150, ТЦГ-70000/150; б — ТДТН-10000/110; в — эскиз крышки ТДТН-16000/110; г — ТДТН-25000/110; д — ТДТН-80000/35; е — эскиз крышки ТДТН-40000/110; ж — эскиз крышки ТДТН-63000/110; з — эскиз крышки ТДТН-40000/220; и — эскиз крышки ТДТН-20000/220.

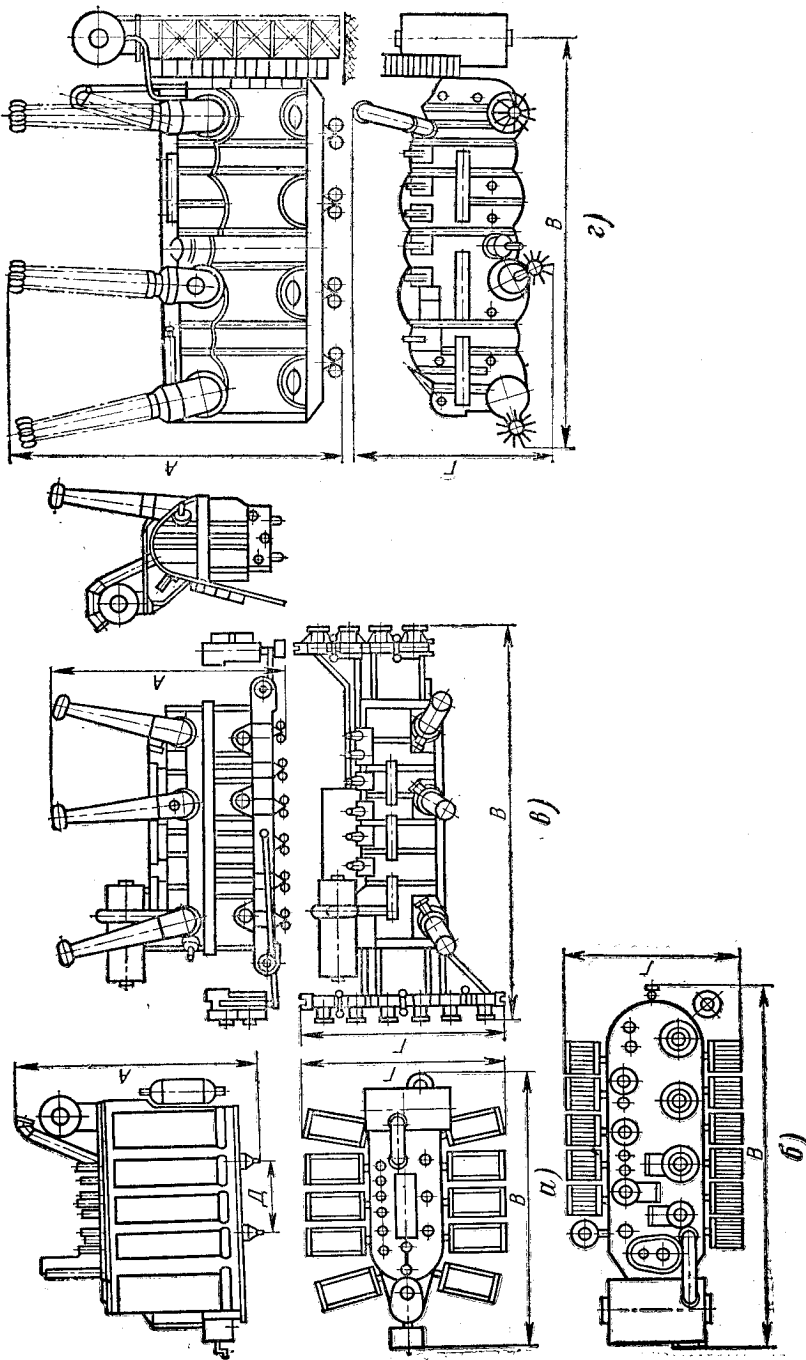
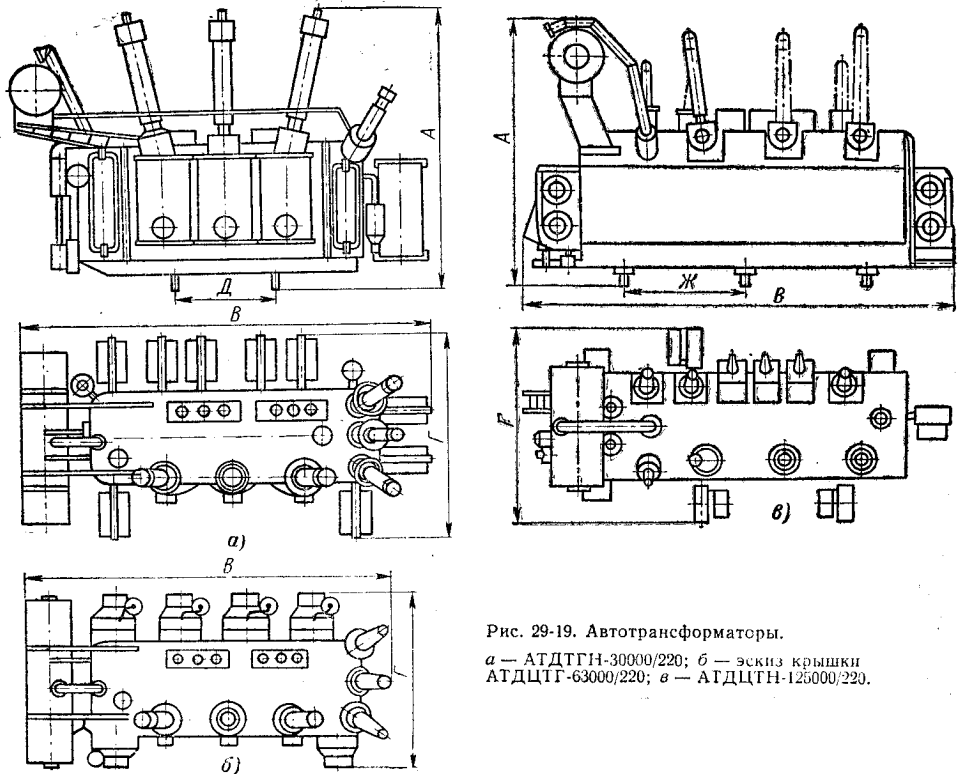
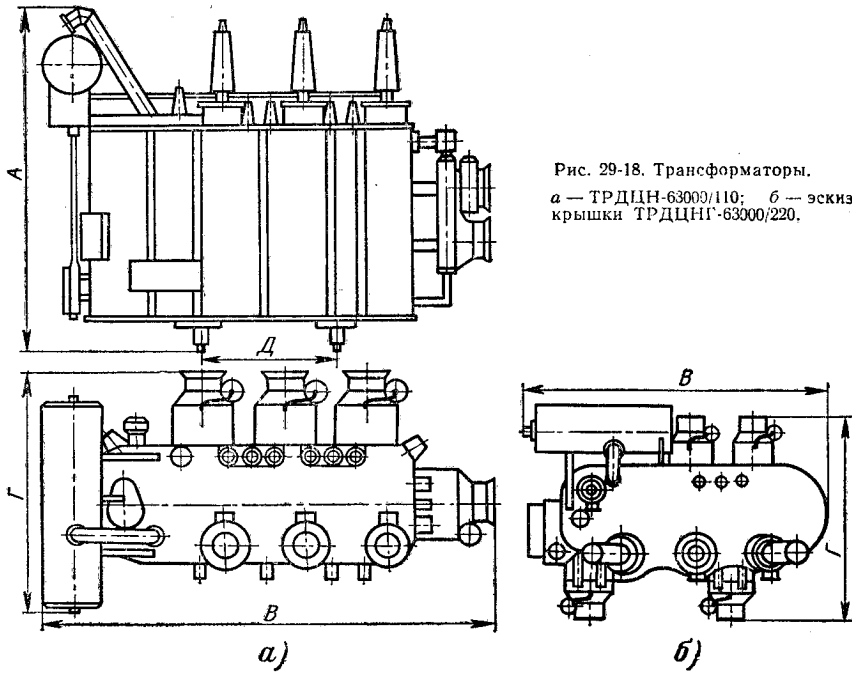


Рис. 29-17. Трансформаторы.  
 а — ТМТН-6300/35—16000/35; б — эскиз крышки ТМТН-6300/110, ТМТН-10000/110; в — ГДЦ-400000/500;  
 г — ГДЦ-206000/500, ПЦ-206000/500.



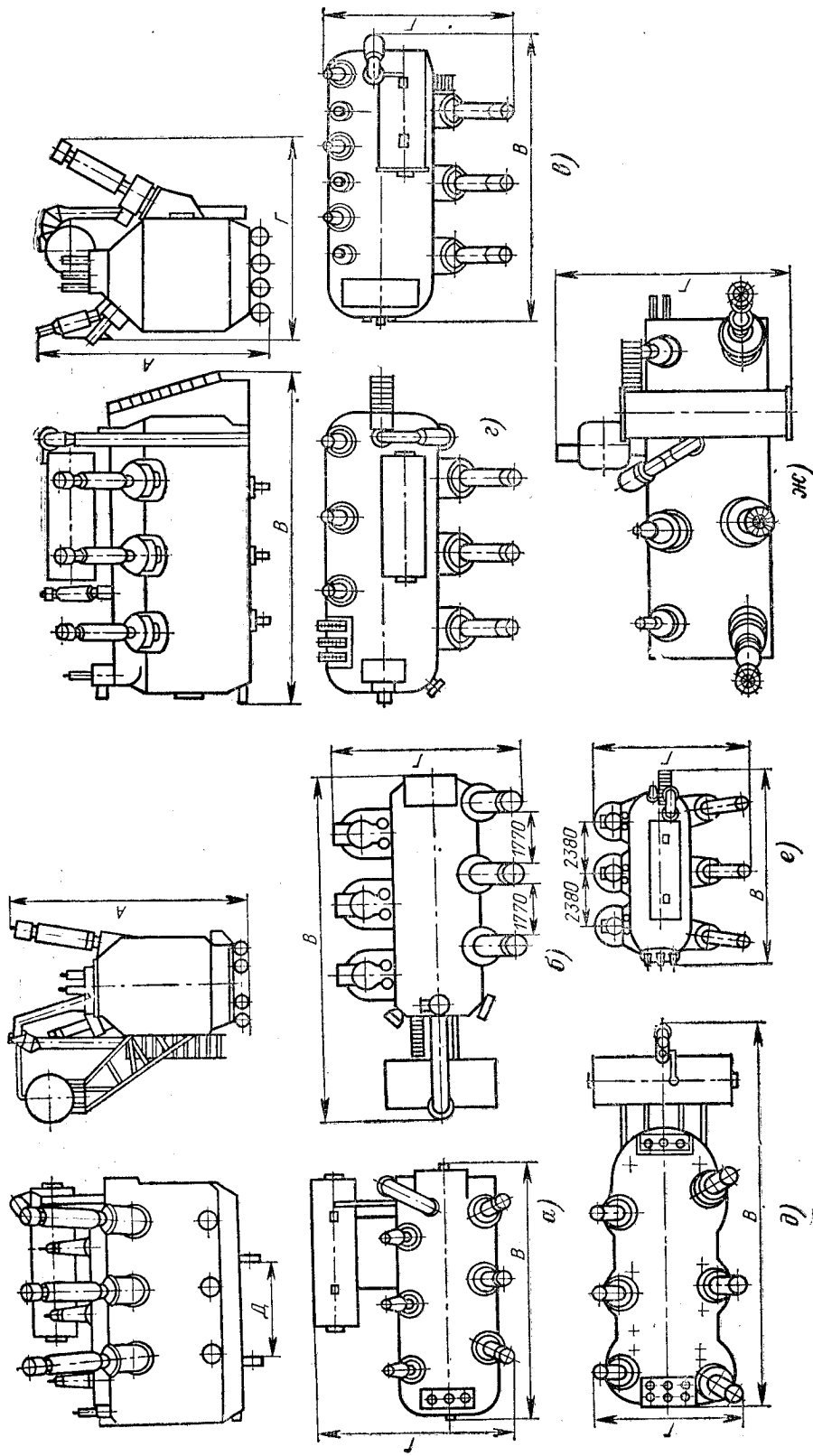


Рис. 29-30. Автотрансформаторы.

а — АДЦПГ-120000/220; б — АДЦПГ-125000/220; в — эскиз крышки ТДЦПГА-180000/220; г — АДЦПГ-240000/220, ТДЦПГА-240000/220; д — эскиз крышки АДЦПГ-120000/220; е — эскиз крышки АДЦПГ-200000/330; ж — эскиз крышки АДЦПГ-250000/500.



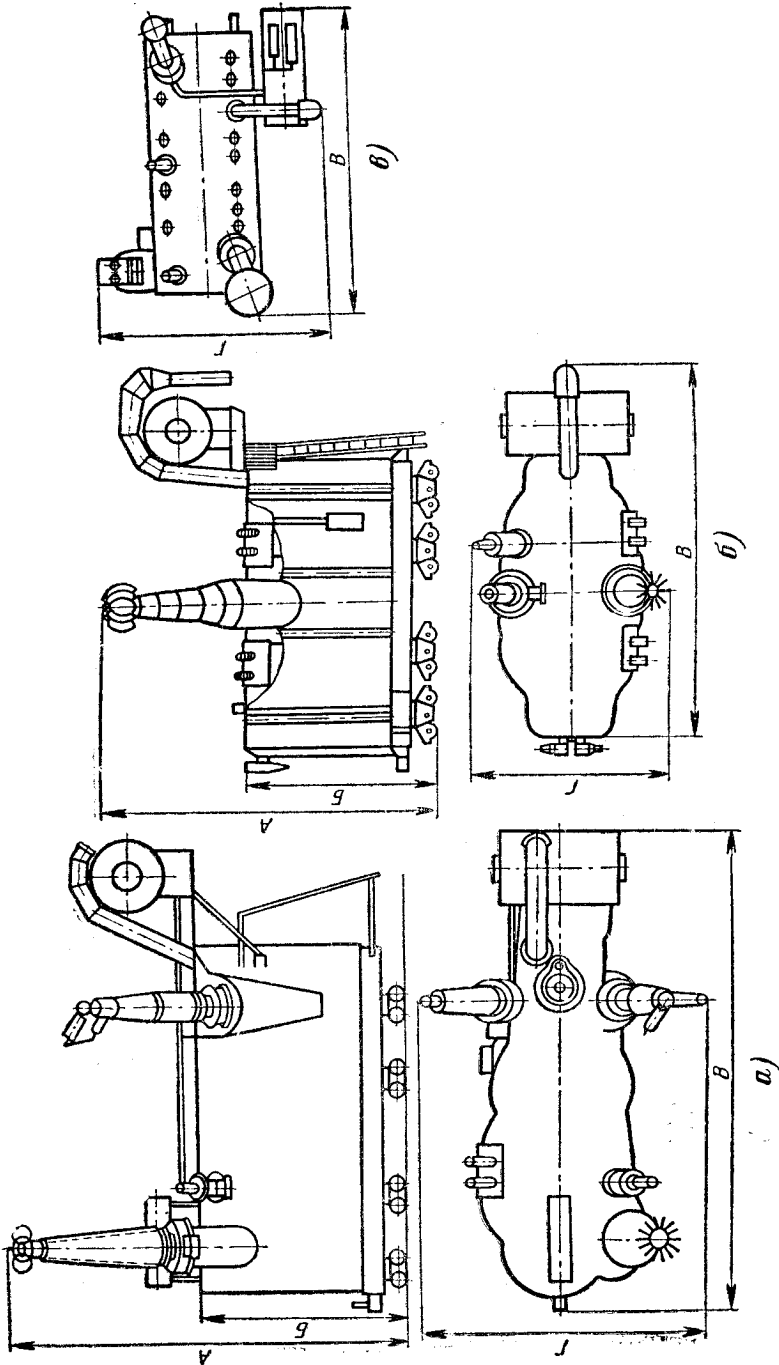


Рис. 29-21. Автотрансформаторы.  
 а — АОДЦТН-167000/500; б — эскиз крышки АОДЦТН-230000/500; в — эскиз крышки АОДЦТН-417000/750/500.

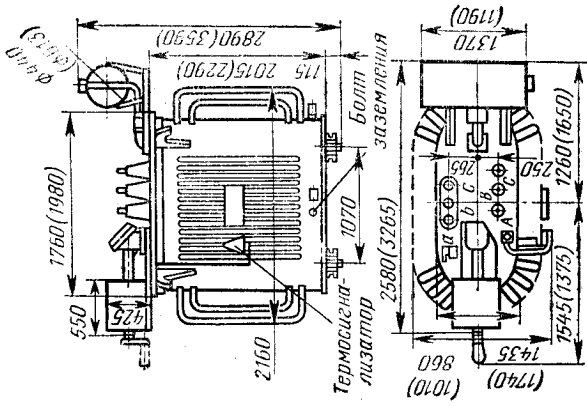
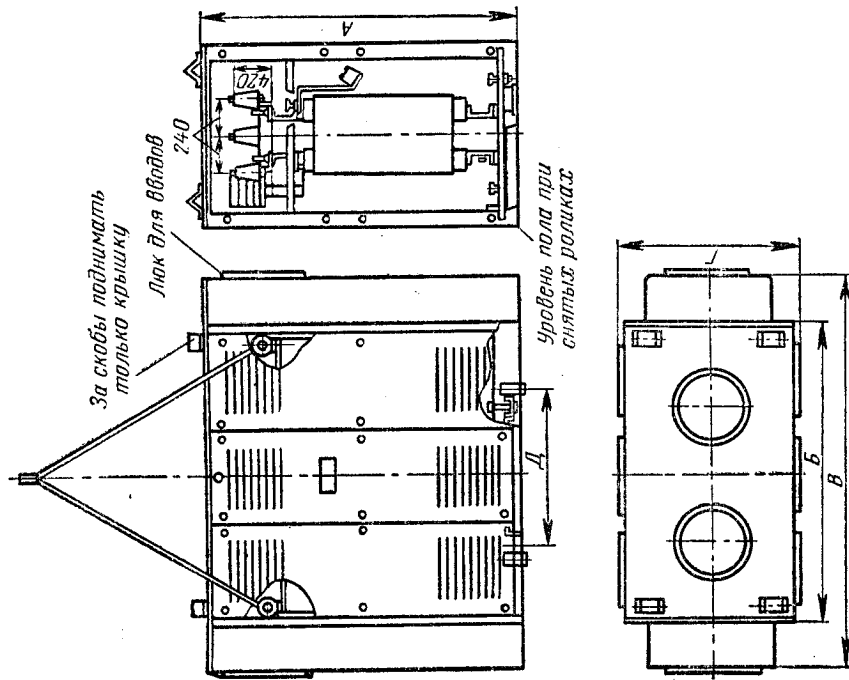
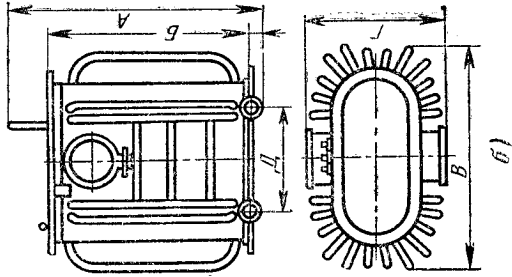
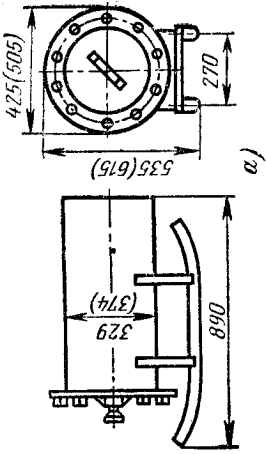


Рис. 29-24. Трансформатор печной ЭТМПК-65Х(10); в скобках — размеры ЭТМПК-1600/10.

Рис. 29-23. Трансформаторы. а — ТШ-2,5(0,5), в скобках размеры ТШ-4(0,5); б — ТМШ, ТМРШ, ТМБ.

Рис. 29-22. Сухой силовой трансформатор ТС.

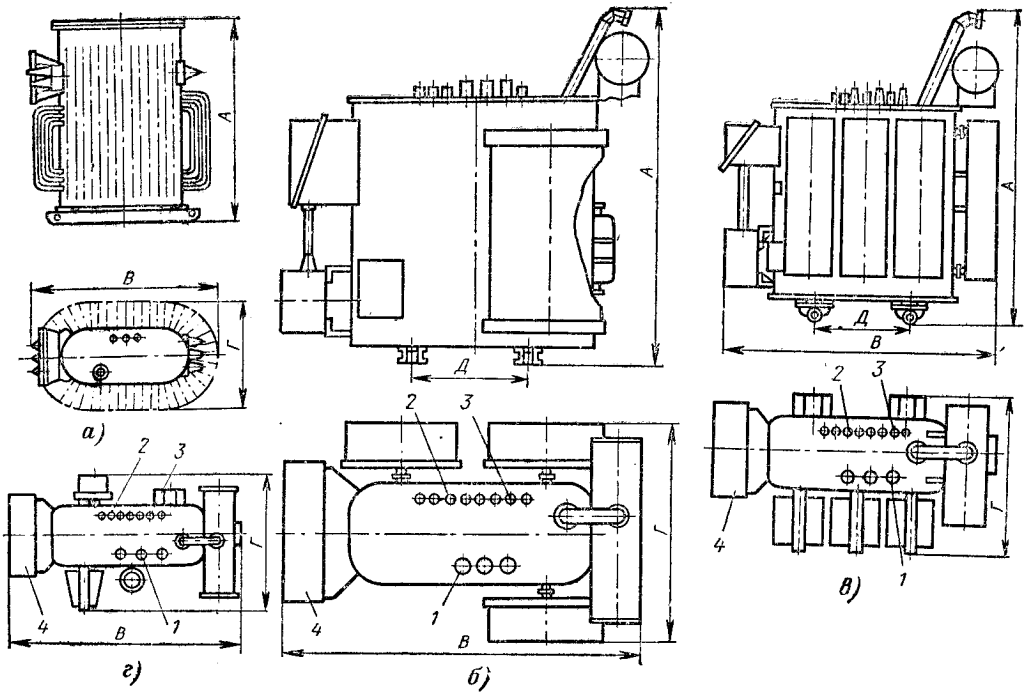


Рис. 29-25. Трансформаторы.

а — ТНР-800/10, ТНР-1600/10, ТНП-400/10, ТНП-800/10; б — ТМРН-1600/10; в — ТМРН-6300/10; г — эскиз крышки ТМРН-3200/10, ТМРН-1600/10; 1 — ввод сетевой обмотки; 2 — ввод вентиляционной обмотки; 3 — нулевой ввод; 4 — привод регулятора напряжения.

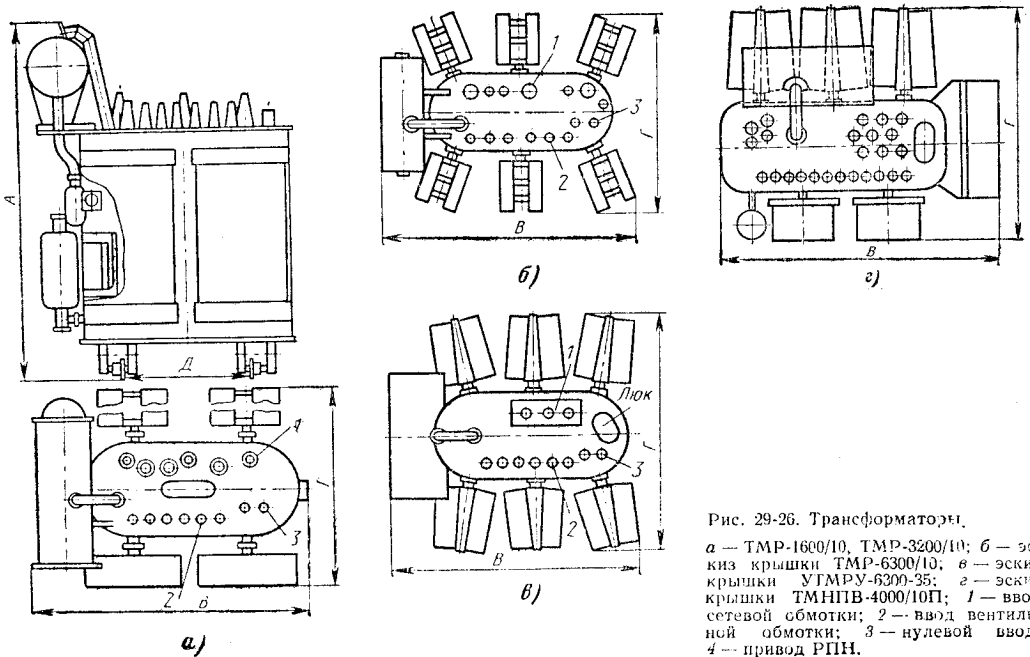


Рис. 29-26. Трансформаторы.

а — ТМР-1600/10, ТМР-3200/10; б — эскиз крышки ТМР-6300/10; в — эскиз крышки УТМРУ-6300-35; г — эскиз крышки ТМНПВ-4000/10П; 1 — ввод сетевой обмотки; 2 — ввод вентиляционной обмотки; 3 — нулевой ввод; 4 — привод РПН.

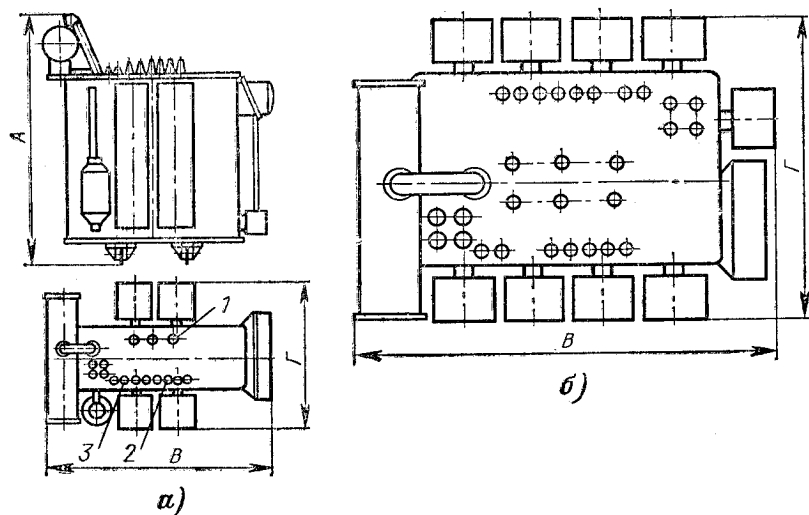


Рис. 29-27. Трансформаторы.

а — ТДНРУ-16000/10; б — эскиз крышки ТДНРУХ-40000/10.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

29-1. Каталоги ВНИИЭМ «Информ-электро».

03.01.01-65; 03.01.15-70; 03.02.07-70;  
03.01.05-70; 03.01.08-69; 03.01.14-67;  
03.03.02-67; 03.05.03-63; 03.05.12-64;03.05.13-64; 03.05.38-68; 03.05.39-68;  
03.05.41-68.

29-2. Материалы проектного кабинета ГПИ «Тяжпромэлектропроект».

29-3. Номенклатура изделий заводов электротехнической промышленности.

## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЫЙ

## СИЛОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

## 30-1. РТУТНЫЕ ВЕНТИЛИ

Ртутные металлические вентили предназначены для преобразования переменного тока частотой 50 Гц в постоянный (выпрямленный ток) и применяются для комплектования преобразовательных установок электропривода с выпрямленным напряжением до 1200 В и преобразовательных установок общего назначения с выпрямленным напряжением до 1500 В.

Нормальная работа вентиля обеспечивается в стационарных закрытых электроустановках при температуре окружающего воздуха от +5 до +40 °С, относительной влажности не более 80% при температуре 20 °С, на высоте не более 1000 м над уровнем моря, во взрывобезопасной и химически неактивной среде, не содержащей токопроводящую пыль, агрессивные газы и испарения.

По способу поддержания вакуума ртутные вентили классифицируются на разборные (откачные), запаянные (безнасосные) и с периодической откачкой.

19\*

В настоящее время широкое распространение получили запаянные ртутные вентили, имеющие преимущество перед другими типами ртутных вентиляей.

Металлические ртутные вентили имеют преимущественно водяное охлаждение. Ртутные вентили подразделяются на два типа: экситроны и игнитроны.

В игнитронах дуга зажигания создается каждый период переменного тока с некоторым опережением положительного анодного напряжения.

В экситронах дуга зажигания создается эпизодически перед включением ртутного вентиля, а затем функции поддержания непрерывного катодного пятна переходят к дуге возбуждения.

В зависимости от применяемости (для общепромышленных установок или регулируемого электропривода) ртутные вентили имеют различные допустимые перегрузки согласно ГОСТ 2329-69.

Описание конструкции. На рис. 30-1 представлен разрез по металличе-

скому запаянному вентилю-игнитрону типа ИВУ-500/5А.

Предварительное обезгаживание деталей с тщательной откачкой газов из корпуса вентиля позволяет создать условия, при которых дуговой разряд происходит только в парах ртути.

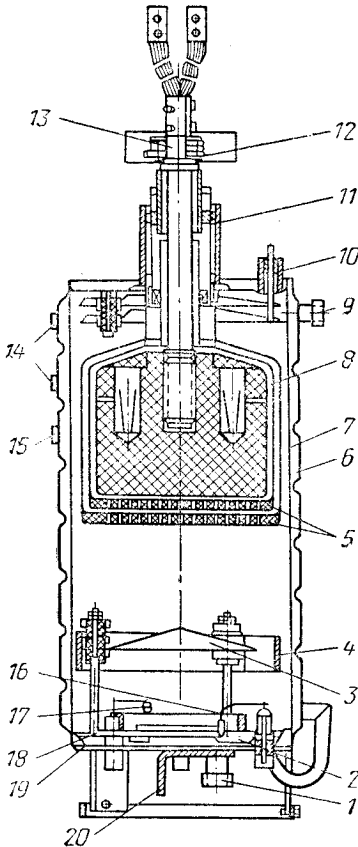


Рис. 30-1. Конструкция металлического одноанодного запаянного игнитрона ИВУ-500/5.

1 — штуцер для подвода воды; 2 — катод; 3 — отражатель; 4 — паровая рубашка; 5 — сетки; 6 — водяная рубашка корпуса; 7 — корпус; 8 — графитовый анод; 9 — штуцер для отвода воды; 10 — вывод второй сетки; 11 — стеклянно-металлический ввод; 12 — анодный нагреватель; 13 — анодный стержень; 14 — панели зажимов; 15 — термореле; 16 — зажигатели; 17 — подхватывающий анод; 18 — ртуть; 19 — водяная рубашка катода; 20 — катодный токовод.

Давление паров внутри корпуса определяется температурой стенки корпуса и конструкцией паровой рубашки.

При работе вентиля возникают потери электрической энергии, которая выделяется в виде тепла, разогревая стенки корпуса и детали вентиля. Для поддержания постоянного давления ртутного пара тепло от стенок корпуса отводится охлаждающей водой.

Корпус вентиля выполнен в виде сварного цилиндра из нержавеющей стали. К корпусу приваривается водяная рубашка со спиральной накаткой, направляющей поток воды.

Основными деталями игнитрона являются: анод, катод, зажигатели, две сетки, а также вспомогательные подхватывающие аноды и отражатель.

Анод графитовый. Рабочей поверхностью анода является его торцовая поверхность.

Подвод тока к аноду осуществляется через анодный стержень, на котором с помощью резьбы закреплен анод.

Анодный стержень изолирован от корпуса вентиля при помощи стеклянно-металлического ввода с напряженным стеклом, который обладает большой механической прочностью.

Сетки изготавливаются из графита и представляют собой диски с отверстиями. Вывод от второй сетки осуществляется через стеклянно-металлический ввод напряженного типа. Вывод от первой сетки осуществляется через промежуточную трубку стеклянно-металлического ввода.

Все детали анодного узла (анодный ввод вместе с анодом и сетками) закрепляются на анодной крышке, которая приваривается к корпусу.

Отражатель изолирован от катода и предназначен для защиты анода и сеток от попадания на них капель ртути.

Снизу к корпусу приварен катодный узел, имеющий водяную рубашку для охлаждения.

На дне катодной чаши находится ртуть, в которую погружены 4 полупроводниковых зажигателя.

Гибкие выводы зажигателей и вспомогательных анодов подводятся к нижней панели зажимов.

К верхней панели зажимов подводятся выводы катода, сеток, термореле.

Катодный вывод силовой цепи подсоединяется к катодному тоководу.

Для предотвращения конденсации ртутных паров анодный ввод снабжается нагревателем.

Для защиты от перегрева вентиля на корпусе водяной рубашки устанавливается термореле.

Во избежание перегрева анодного ввода на нем устанавливается радиатор.

Габаритно-установочные размеры игнитрона ИВУ-500/5А показаны на рис. 30-2, экситрона ЭВ-250/2,5 — на рис. 30-3 [Л. 30-1].

Типовое обозначение запаянных ртутных вентилях расшифровывается следующим образом:

ИВУ-500/5А; И — игнитрон; В — с водяным охлаждением; У — управляемый; 500 — номинальный выпрямленный ток, А; 5 — максимальное обратное напряжение, кВ; А — модификация.

ЭВ-250/2,5; Э — экситрон; В — с водяным охлаждением; 250 — номинальный вы-

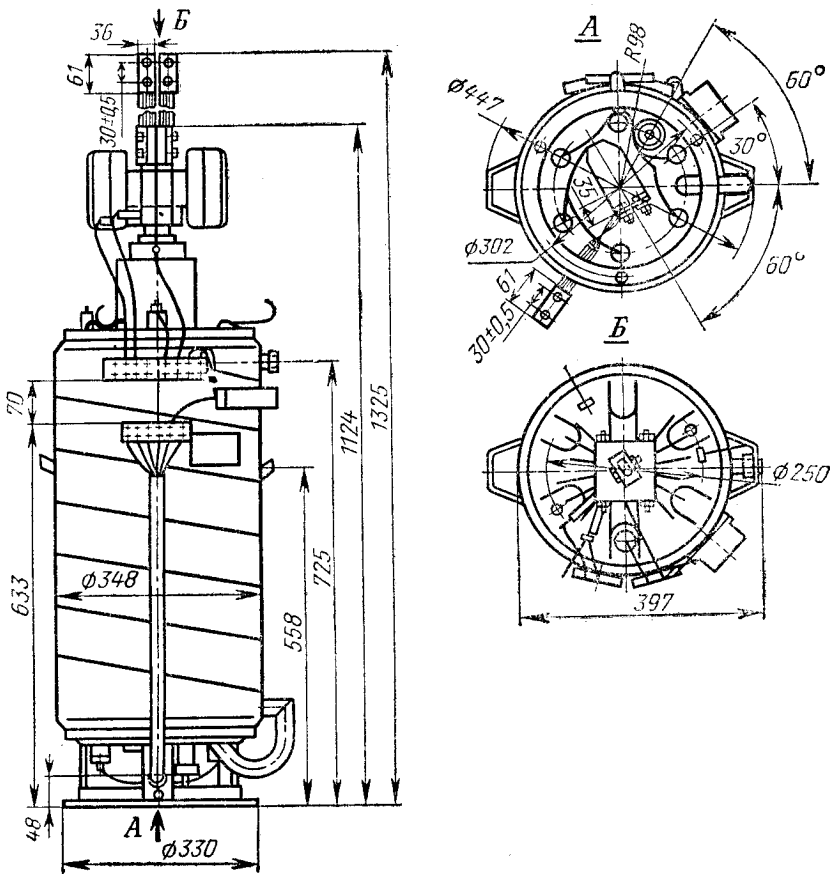


Рис. 30-2. Габаритно-установочные размеры ртутного вентиля-игнитрона ИВУ-500/5.

## Технико-экономические данные металлических ртутных вентиляей

Таблица 30-1

Наименование	Тип	Выпрям- ленное на- пряжение, В	Выпрям- ленный ток, А	Габариты, мм	Мас- са, кг	Цена, руб.
Игнитрон безнасосный запа- янный	ИВУ-500/5А	До 1 500	500	∅450×1 125	96	730
Игнитрон безнасосный запа- янный	ИВП-500/5	—	300 450	∅350×1 020	61	410
Игнитрон безнасосный с пе- риодической откачкой	ИВП-500/5Б	До 3 300	500	—	94	510
Экситрон безнасосный запа- янный	ЭВ-250/2,5	—	250	∅400×1 020	65	520
Экситрон безнасосный с пе- риодической откачкой	ЭВПУ-500/2,5	До 1 650	500	—	170	—

Примечания: 1. Заказная мощность (по ГОСТ 2329-69) ИВУ-500/5А, ИВП-500/5Б и ЭВПУ-500/2,5—433 кВт.

2. В ИВП-500/5 выпрямленный ток 300 А при максимальном обратном напряжении 6 700 В и

450 А при максимальном обратном напряжении 4 000 В.

3. В ЭВ-250/2,5 выпрямленный ток 250 А при максимальном обратном напряжении 2 500 В.

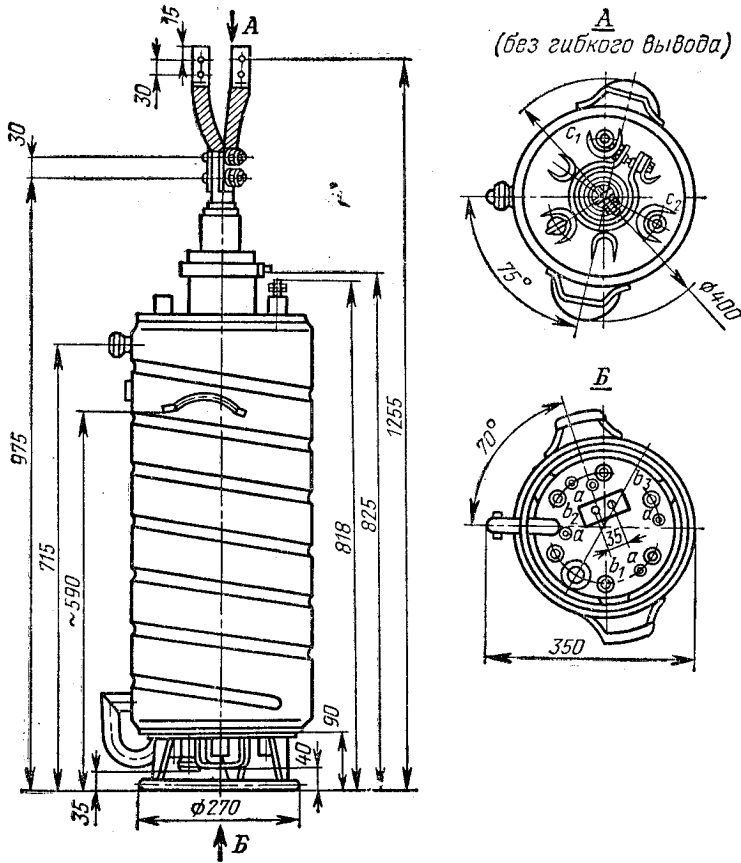


Рис. 30-3. Габаритно-установочные размеры ртутного вентиля-экситрона ЭВ-250/2,5.

прямленный ток, А; 2,5 — максимальное обратное напряжение, кВ.

Типовое обозначение ртутных разборных и с периодической откачкой вентилях расшифровывается следующим образом:

ЭВНУ-500/2,5Б; Э — экситрон; В — с водяным охлаждением; Н — насосный (разборный); У — управляемый; 500 — номинальный выпрямленный ток, А; 2,5 — максимальное обратное напряжение, кВ; Б — модификация.

ЭВПУ-500/5Б; Э — экситрон; В — с водяным охлаждением; П — с периодической откачкой; У — управляемый; 500 — номинальный выпрямленный ток, А; 5 — максимальное обратное напряжение, кВ; Б — модификация.

Технико-экономические данные ртутных вентилях представлены в табл. 30-1.

### 30-2. РТУТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

На основе ртутных вентилях создаются ртутные преобразователи, предназначенные для преобразования трехфазного перемен-

ного тока частотой 50 Гц в постоянный (выпрямление) и постоянного в переменный (инвертирование).

Ртутные преобразователи применяются для электропривода общепромышленных установок.

Схема соединения ртутных вентилях в установке преимущественно шестифазная нулевая с уравнительным реактором, однако в установках высокого напряжения применяется трехфазная мостовая схема.

Для создания преобразовательных установок большой мощности используется параллельное и последовательное соединение выпрямительных шкафов.

Описание конструкции. На рис. 30-4 представлен общий вид ртутного преобразователя ИВУ-500/5А×6.

Ртутный преобразователь состоит из силового шкафа и шкафа управления, представляющих собой металлические шкафы двустороннего обслуживания, соединенные болтами.

В силовом шкафу установлены ртутные вентилях, панели с конденсаторами

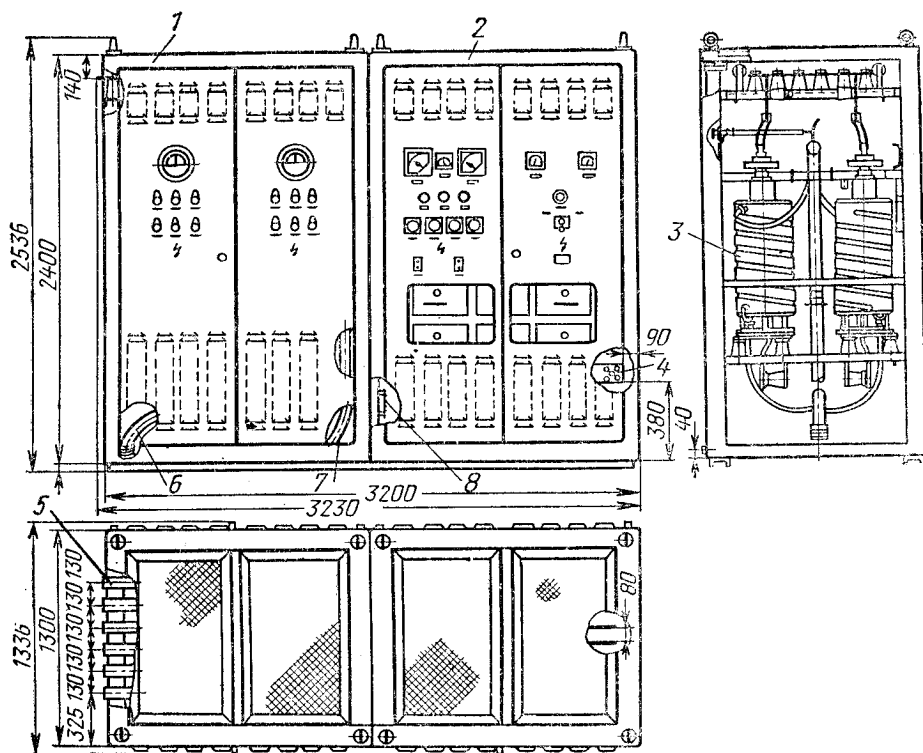


Рис. 30-4. Общий вид преобразователя ИВУ-500/5АХ6Г.

1 — силовой шкаф; 2 — шкаф управления; 3 — ртутные вентили ИВУ-500/5А; 4 — катодные шины; 5 — анодные шины; 6 — труба, подводящая воду; 7 — труба, отводящая воду; 8 — зажимы собственных нужд.

и электроконтактные термометры. Анодные шины расположены сверху, катодные шины — внизу шкафа.

Подводящая труба водяного охлаждения заходит в силовой шкаф снизу, выходные шланги системы охлаждения выходят внизу шкафа. На передних дверях силового шкафа расположены сигнальные лампы.

В шкафу управления установлены: система сеточного управления ртутным преобразователем, система питания подхватывающих анодов, система поджига, система нагрева анодов и система сигнализации. Трансформаторы питания систем подхвата, поджига, нагрева анодов, питания генератора импульсов размещены на нижних рамах шкафа управления.

На передних дверях шкафа управления расположены вольтметры, амперметры, миллиамперметр, лампы, реле, автоматы собственных нужд и нагрева анодов, универсальный переключатель, резистор ручного управления.

Зажимы внешних соединений находятся на боковых стойках каркасов шкафов.

Поджиг игнитронов и питание подхватывающих анодов.

В ртутных вентилях источником электронов является катодное пятно, поддерживаемое вспомогательной дугой на ртутном катоде.

В вентиле-игнитроне катодное пятно образуется с помощью подачи импульса напряжения через зажигаемый, погруженный в ртуть катода.

В преобразователях типа ИВУ-500/5АХ6 производства Запорожского электроаппаратного завода применяется электромагнитная двухкаскадная система поджига с шириной импульса тока через зажигаемый не менее 240 мкс и передним фронтом импульса зажигания длительностью не менее 100 мкс.

В схеме зажигания игнитронов (рис. 30-5) на дросселях насыщения возникает импульс напряжения, под действием которого через зажигаемый посылается импульс тока.

Благодаря наличию селеновых и кремниевых выпрямителей в схеме срезается обратный импульс напряжения и тока, что увеличивает срок службы зажигаемых.

Подхватывающие аноды имеют продолжительность горения до 180 эл. град, что



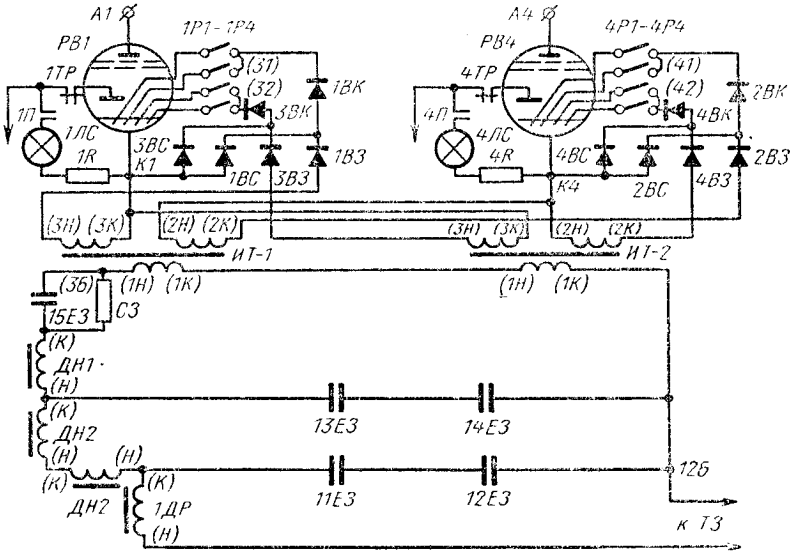


Рис. 30-5. Схема поджига и подхвата игнтрона ИВУ-500/5А.

*PB1, PB4* — ртутные вентили; *TЗ* — зарядный трансформатор; *1ДР* — линейный дроссель; *11E3—14E3* — конденсаторы; *ДН1* и *ДН4* — нелинейные дроссели; *ИТ-1, ИТ-2* — импульсные трансформаторы; *1BC—4BC* — кремниевые выпрямители; *1BК—4BК* — кремниевые диоды; *1ЛС, 4ЛС* — лампочки сигнализации; *1R, 4R* — добавочные сопротивления в цепи лампочки.

необходимо для расширения угла регулирования.

Для четкого горения дуги на подхватывающем аноде среднее значение тока в цепи подхватывающего анода находится в пределах 3,5—4 А.

Сеточное регулирование. Полупроводниковая система сеточного управления с тиристорным выходом (ССУРП) включает следующие устройства: блок управления, шесть фазосмещающих блоков, шесть блоков тиристорного генератора импульсов и блок суммирующего устройства.

Система сеточного управления (ССУРП) разработки ЛенПЭО ВНИИПЭМ работает по принципу вертикального регулирования фазы сеточного импульса, т. е. сравнения переменного и регулируемого постоянного

напряжений на входе усилительного устройства. В момент, когда мгновенное значение переменного напряжения равно постоянному (управляющему) напряжению, на выходе усилительного устройства возникает сеточный импульс.

На сетки ртутных вентилях поступает либо положительное напряжение (шириной 120 эл. град. и амплитудой 110 В), либо отрицательное, запирающее напряжение (шириной 240 эл. град. и амплитудой 220 В), что позволяет отказаться от постоянного запирающего напряжения и уменьшить величину положительного (отпирающего) напряжения до 110 В.

Схема обеспечивает диапазон регулирования 165 эл. град. при допустимых по ГОСТ 13109-67 колебаниях напряжения сети.

Таблица 30-2

Технические данные теплообменников для циркуляционной системы охлаждения ртутных преобразователей

Наименование	Тип	Теплообъем охлажда- теля, кВт	Расход охлажда- ющей воды, м <sup>3</sup> /ч	Масса, кг
Теплообменники системы «звезда — вода»	АТВКР-3000М	75	13	507
	АТВКР-6000М	150	18,5	596
	АТВКР-20000	400	30,5	1 422

Примечания: 1. Температура входящей циркулирующей воды в АТВКР-3000М и АТВКР-6000М 40 °С, а в АТВКР-20000 45 °С.

2. Температура циркулирующей воды после АТВКР-3000М в АТВКР-6000М 35 °С, а после АТВКР-20000 46 °С.

3. Температура охлаждающей воды 25 °С.

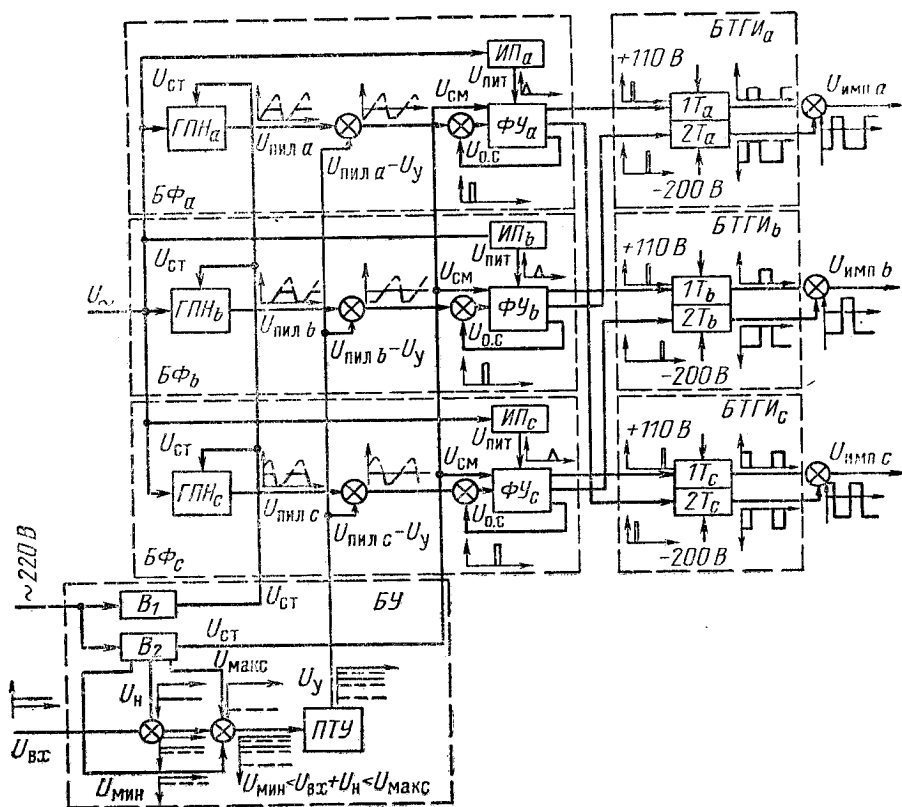


Рис. 30-6. Структурная схема трехфазной системы сетевого управления разработки ЛенПЭО ГИИ ТПЭП.

БФ — блок фазосмещения; ГПН — генератор пилообразных напряжений; ФУ — формирующее устройство; ИП — источник питания; БТГИ — блок тиристорного генератора импульсов; БУ — блок управления; В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> — выпрямители; ПТУ — полупроводниковый управляющий триод.

Структурная схема сетевого управления приведена на рис. 30-6.

Охлаждение ртутных вентилях в преобразователях осуществляется по циркулирующей системе «вода—вода». Температура входящей циркуляционной воды 35—40 °С, выходящей 43—45 °С.

Данные теплообменников для индивидуального и группового охлаждения ртутных преобразователей приведены в табл. 30-2.

Комплектно с теплообменником устанавливается шкаф управления теплообменником, аппарата регулирования и контроля (терморегулятор, термосигнализатор, струйное реле давления).

Комплектные ртутно-преобразовательные устройства типа КРПУ предназначены для питания реверсивного и неререверсивного регулируемых электроприводов.

В зависимости от выходного напряжения неререверсивные и реверсивные КРПУ выполняются двух типов: с выпрямленным напряжением не менее 660 В и с выпрямленным напряжением 660 В и выше.

В схемах КРПУ с выпрямленным напряжением 660 В и выше имеются анодно-насыщающиеся дроссели типа ДАН-37 и быстродействующие выключатели типа 6×ВАБ-43, предназначенные для защиты ртутного преобразователя от обратных зажиганиях.

Реверсивное КРПУ работает аналогично неререверсивному.

Одна группа элементов КРПУ работает «вперед», вторая группа — «назад».

Схемы неререверсивных и реверсивных КРПУ приведены на рис. 30-7—30-10 [Л. 30-2].

Конструктивно КРПУ выполняются отдельными металлическими шкафами: ртутных преобразователей, с линейными автоматами ВАБ-42, с анодно-насыщающимися дросселями типа ДАН-37 и анодными автоматами 6×ВАБ-43 типа ШАД-2500, ШАДР-2500. Сглаживающие дроссели и уравнивательные реакторы закрываются спереди и сзади металлическими стенками, а боковыми стенками для этих элементов служат боковые стенки соседних элементов КРПУ.

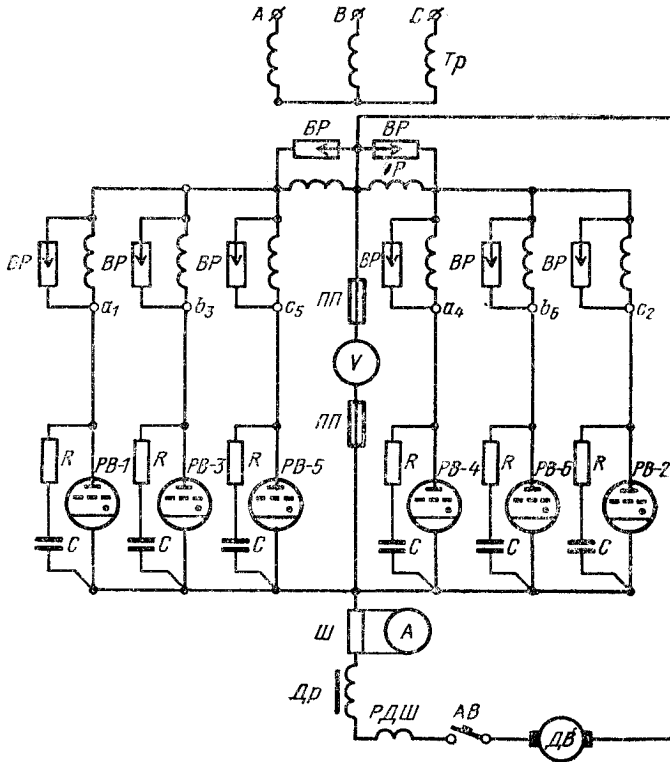


Рис. 30-7. Принципиальная схема неперверсивного КРПУ с выпрямленным напряжением менее 660 В.

Tr — силовой трансформатор; BP — вентильный разрядник; UP — уравнивательный реактор; PB — ртутный вентиль; C, R — цепочка RC; Ш — шунт; V — вольтметр; А — амперметр; Др — сглаживающий дроссель; РДШ — реле-дифференциальный шунт; АВ — линейный автомат; ПП — предохранитель; ДВ — двигатель.

Составные элементы КРПУ имеют между собой электрическую связь при помощи шин и контрольными кабелями. Типовое обозначение преобразовательных устройств расшифровывается следующим образом:

КРПУ-5121-660/2500Р: К — комплектное; Р — ртутное; П — преобразовательное; У — устройство.

Первая цифра (в данном случае 5) — тип трансформатора; вторая цифра (в данном случае 1) — модификация по наличию встроенного уравнивательного реактора под нагрузкой (0 — отсутствие реактора с регулированием под нагрузкой, 1 — отсутствие реактора с регулированием под нагрузкой, 2 — наличие реактора и регулирования под нагрузкой); третья цифра (в данном случае 2) — тип исполнения (цифра 1 — неперверсивный, 2 — реверсивный); четвертая цифра (в данном случае 1) — модификация по наличию автоматов и анодно-насыщающихся дросселей (0 — отсутствие, 1 — наличие);

660 — выпрямленное напряжение, В;  
2500 — выпрямленный ток, А;

Р — расчленённое исполнение.

Общий вид КРПУ-5121-660/2500 приведен на рис. 30-11.

Технико-экономические данные ртутных преобразователей и комплектных ртутно-преобразовательных устройств приведены в табл. 30-3.

### 30-3. СИЛОВЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ ВЕНТИЛИ

Силовые кремниевые неуправляемые вентили серий В, ВВ, ВЛ и ВЛВ предназначены для применения в статических силовых преобразователях электрической энергии, а также в цепях постоянного и переменного тока частотой до 500 Гц различных силовых установок.

Вентили пригодны для работы при температуре охлаждающей воздушной среды от  $-50$  до  $+40$  °С и от 5 до 30 °С при охлаждении водой; при максимально допустимой температуре электронно-дырочного перехода  $+140$  °С, относительной влажности окружающего воздуха до 98% при

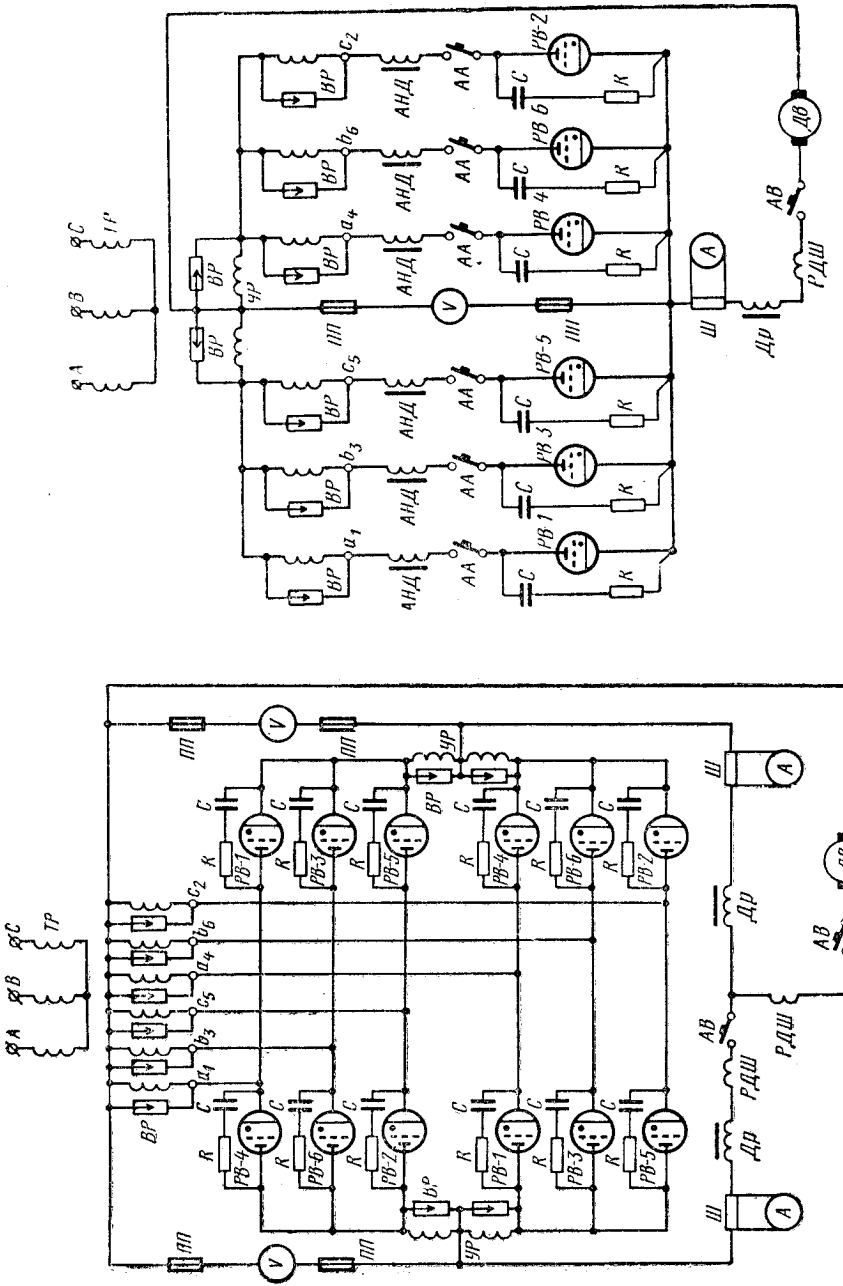


Рис. 30-9. Принципиальная схема неперверсивного КРПУ с выд-  
явленным напряжением 660 В и выше.  
АНД — анодно-намагничивающийся дроссель; АА — анодный авто-  
мат.

Рис. 30-8. Принципиальная схема реверсивного КРПУ с выд-  
явленным напряжением менее 660 В.

Рис. 30-10. Принципиальная схема реверсивного КРПУ с выпрямленным напряжением 660 В и выше.  
 Примечание. Полярность автоматов АА группы «назад» противоположна полярности автоматов группы «вперед».

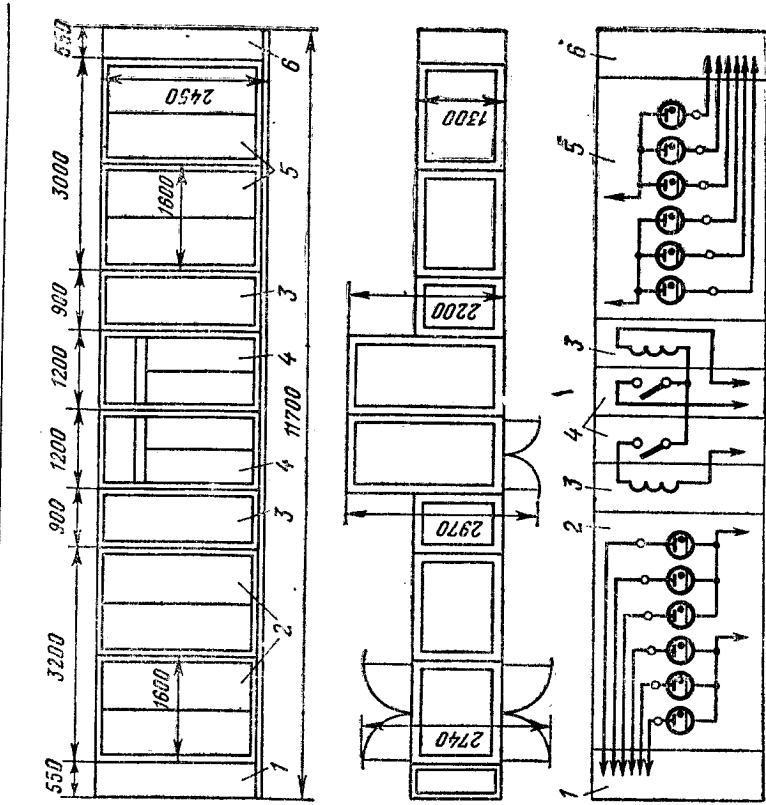


Рис. 30-11. Общий вид комплектного ртутного преобразовательного устройства КРПУ-5121-660/2500.

1 — шинный шкаф ШЩ-11; 2 — ртутный преобразователь ИВУ-500/5АХ6Г; 3 — стержневая дроссель ФРОС-2500К; 4 — шкаф типа ШВЛ-3000Л с автоматом ВАВ-42; 5 — ртутный преобразователь ИВУ-500/5АХ6В; 6 — шинный шкаф ШЩ-У.

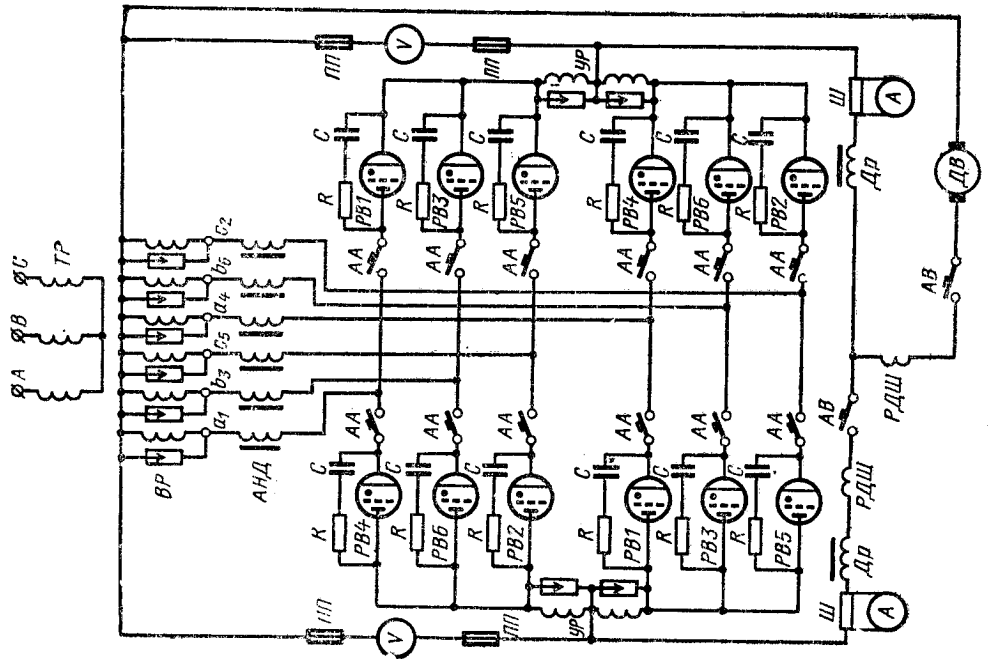


Таблица 30-3

Технико-экономические данные ртутных преобразователей и комплектных ртутных преобразовательных установок типа КРПУ

Тип выпрямительной установки	Выпрям- ленное напряже- ние, В	Номи- нальный выпрям- ленный ток, А	Ширина×глубина×высо- та, мм	Масса, кг	Цена, руб
ИВУ-500/5А×6А	825	1 500	3 380×1 336×2 556	2 510	13 350
ИВУ-500/5А×6Б	825	750×2	3 380×1 336×2 556	2 540	13 350
ИВУ-500/5А×6В	825	2 500	3 230×1 336×2 556	2 560	13 350
ИВУ-500/5А×6Г	825	2 500	3 230×1 336×2 556	2 560	13 350
ИВУ-500/5А×6АД*	910	2 500	1 200×2 180×2 440	1 700	9 600
ИВУ-500/5А×6КД*	910	2 500	1 200×2 180×2 440	1 700	9 600
ИВУ-500/5Г×6КД1*	910	2 500	1 200×2 180×2 610	1 750	9 500
ИВУ-500/5А×6АД2*	910	2 500	1 450×2 430×2 600	2 200	9 600
ИВУ-500/5А×6КД2*	910	2 500	1 450×2 430×2 600	2 150	9 500
ИВУ-500/5А-6А*	460	2 700	1 200×2 180×1 735	1 100	6 400
ИВУ-500/5А-6К*	460	2 700	1 200×2 180×1 735	1 100	6 300
ИВУ-500/5А×6Р*	460	2 700	1 200×2 180×1 800	1 010	6 750
ИВУ-500/5А×6А2*	460	2 700	1 450×2 320×1 870	1 600	6 400
ИВУ-500/5А×6К2*	460	2 700	1 450×2 320×1 870	1 400	6 300
ЭВ-250/2,5×6×2Б	460	2 100	2×(2 930×1 200×2 200)	2×1 800	17 910
ЭВПУ-500/2,5×6	660	3 000	—	2 500	—
	825	2 500	—	3 000	—
	910	2 250	—	—	—
ЭВПУ-500/2,5×6А-М	2 000	1 500	—	3 000	—
ЭВПУ-500/2,5А×6А	1 000	3 000	—	3 000	—
<i>Нереверсивные КРПУ</i>					
КРПУ-1010-230/1 500	230	1 500	10 857×2 270×2 700	13 000	19 000
КРПУ-2011-660/1 500	660	1 500	10 100×2 495×3 000	16 000	31 000
КРПУ-2010-230/2 500	230	2 500	11 110×2 495×3 000	14 950	19 000
КРПУ-2010-460/1 500	460	1 500	6 000×1 336×2 556	6 310	19 000
КРПУ-2011-825/1 500	825	1 500	5 950×2 270×2 556	5 690	19 000
КРПУ-4210-345/2 500	345	2 500	5 950×2 270×2 556	5 690	19 000
КРПУ-4210-460/2 500	460	2 500	5 950×2 270×2 556	5 690	19 000
КРПУ-6010-36/1 800	36	1 800	4 070×1 300×2 556	3 900	15 300

Продолжение табл. 30-3

Тип выпрямительной установки	Выпрям- ленное напряже- ние, В	Номи- нальный выпрям- ленный, ток, А	Ширина×глубина×высо- та, мм	Масса, кг	Цена, руб.
<i>Реверсивные КРПУ</i>					
КРПУ-1020-230/1000Р	230	1 000	7 342×1 336×2 556 4 000×1 336×2 556	5 800 4 530	30 200
КРПУ-1020-275/650×2	275	650×2	5 920×1 336×2 556	5 442	30 200
КРПУ-1020-460/1000Р	460	1 000	7 342×1 336×2 556 4 000×1 336×2 556	5 800 4 530	30 200
КРПУ-1020-230/1500Р	230	1 500	5 900×2 270×2 556 7 342×1 336×2 556	6 465 5 800	37 500
КРПУ-2020-460/1500	460	1 500	13 390×2 938×2 556	14 100	37 500
КРПУ-2020-460/1500Р	460	1 500	6 100×2 270×2 556 7 342×1 336×2 556	8 293 5 800	37 500
КРПУ-2020-230/2500Т	230	2 500	18 080×2 495×3 000	23 500	70 000
КРПУ-2020-230/2500Р	230	2 500	6 100×2 270×2 556 7 342×1 336×2 556	8 530 5 800	37 500
КРПУ-2020-345/2500	345	2 500	13 390×2 238×2 556	14 210	37 500
КРПУ-2120-460/1500	460	1 500	18 080×2 495×3 000	23 500	37 500
КРПУ-2021-660/1500	660	1 500	13 390×1 336×2 556	14 210	37 500
КРПУ-2021-825/1000Р	825	1 000	3 780×1 336×2 556 3 780×1 336×2 556 9 700×2 270×2 556	2 960 3 010 7 300	54 000
КРПУ-3120-345/2500	345	2 500	13 390×2 270×2 556	14 210	37 500
КРПУ-3120-345/2500Р	345	2 500	6 100×2 270×2 556 7 342×1 336×2 556	8 530 8 293	37 500
КРПУ-3120-460/2500	460	2 500	13 490×2 278×2 556	15 770	37 500
КРПУ-3020-460/2500	460	2 500	13 490×2 238×2 556	15 770	37 500
КРПУ-3021-660/2500Т	660	2 500	13 700×2 270×2 556	15 770	100 000
КРПУ-3021-825/2500Т	825	2 500	13 700×2 270×2 556	15 770	100 000
КРПУ-5121-660/2500	660	2 500	11 700×2 200×2 446	10 850	56 500
КРПУ-5021-825/2500Т	825	2 500	11 700×2 270×2 556	11 220	100 000

\* Габариты и масса указаны только силовых шкафов преобразователей.

Примечания: 1. Заказная мощность ртутных преобразователей (кроме ЭВПУ-500/2,5×6; ЭВПУ-500/2,5×6А и ЭВПУ-500/2,5×6А-М) и реверсивных КРПУ 3 500 кВт.

2. Заказная мощность ЭВПУ-500/2,5×6, ЭВПУ-500/2,5×6А и ЭВПУ-500/2,5×6А-М 5 000 кВт.

3. Заказная мощность реверсивных КРПУ 7 000 кВт.

4. Напряжение питающей сети ртутных преобразователей и КРПУ 10 кВ, а КРПУ-6010-36/1300 0,38 кВ.

5. Охлаждение ртутных вентилях в установках — по системе «вода — вода».

температуре  $+35^{\circ}\text{C}$ ; высоте над уровнем моря не более 1 200 м.

Силовые кремниевые неуправляемые вентили серий В и ВВ выпускаются по ГОСТ 10662-69.

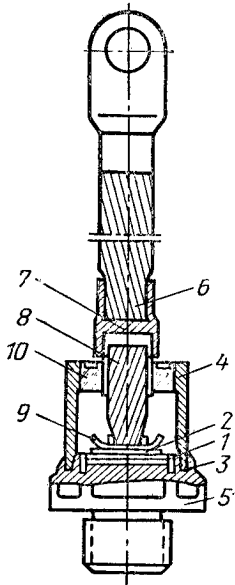


Рис. 30-12. Разрез кремниевого вентиля.  
1 — электронно-дырочный переход; 2, 3 — молибденовые или вольфрамовые диски; 4 — стальной корпус; 5 — медное основание; 6 — наружный вывод; 7 — внутренняя втулка; 8 — внутренний гибкий вывод; 9 — контактная чашечка; 10 — стеклянный изолятор.

Конструкция кремниевых вентиляей (рис. 30-12). Основу вентиля составляет электронно-дырочный переход в виде кремниевого диска, который впаивается между молибденовыми или вольфрамовыми пластинами, обладающими примерно таким же коэффициентом линейного расширения, как кремний, и хорошей теплопроводностью.

Нижняя пластина припаяется к медному основанию корпуса, имеющему резьбовую часть для ввинчивания вентиля в охладитель для воздушного или водяного охлаждения. Выпрямительный элемент через верхний термокомпенсирующую вольфрамовую пластину и контактную чашечку с припоем соединяется с внутренним гибким выводом, который через втулку соединяется с наружным выводом. Гибкое соединение верхнего электрода к выводу облегчает сборку и не создаёт механических усилий на переход.

Габаритно-установочные размеры силовых кремниевых неуправляемых вентиляей приведены на рис. 30-13. Типовое обозначение вентиляей расширяется следующим образом:

В-200: В — вентиль кремниевый, 200 — номинальный выпрямленный ток, А;

ВЛВ-320: В — вентиль кремниевый, Л — с лавинной характеристикой, В — с во-

Таблица 30-4

Технико-экономические данные силовых неуправляемых кремниевых вентиляей типов В, ВВ, ВЛ и ВЛВ

Тип вентиляей	Номинальный ток (среднее значение), А	Номинальное обратное напряжение (амплитудное значение), В	Прямое падение напряжения (среднее значение), В	Обратный ток (среднее значение), мА	Размеры, мм	Масса, кг		Цена, руб.
						без охладителя	с охладителем	
В-10	10	100—1 000	До 0,6	До 2	72×72×116	0,045	0,131	От 2—30 до 7—40
ВЛ-10	10	700—1 000	До 0,6	До 1	72×72×116	0,045	0,131	От 6—00 до 7—90
В-25	25	100—1 000	До 0,6	До 3	90×90×154	0,081	0,224	От 2—35 до 8—10
ВЛ-25	25	700—1 000	До 0,6	До 2	90×90×154	0,081	0,224	От 6—40 до 8—30
В-50	50	100—1 000	До 0,6	До 5	44×75×272	0,19	1,29	От 3—90 до 17—50
ВЛ-50	50	700—1 000	До 0,6	До 3	44×75×272	0,19	1,29	От 14—40 до 19—40
В-200	200	100—1 000	До 0,7	До 5	80×70×330	0,51	2,26	От 4—00 до 21—70
ВЛ-200	200	700—1 000	До 0,7	До 5	80×70×330	0,51	2,26	От 16—90 до 22—50
В-320	320	100—1 000	До 0,75	До 10	110×114×357	1,00	4,65	От 7—00 до 24—00
ВВ-320	320	100—1 000	До 0,75	До 10	325× $\varnothing$ 62	0,51	1,16	От 7—00 до 24—00
ВЛ-320	320	700—1 000	До 0,75	До 5	110×114×375	1,00	4,65	От 22—18 до 27—78
ВЛВ-320	320	700—1 000	До 0,75	До 5	325× $\varnothing$ 62	0,51	1,16	От 22—00 до 27—00
ВВ-500	500	100—1 000	До 0,8	До 10	353× $\varnothing$ 60	1,0	1,6	От 9—00 до 27—00
ВЛВ-500	500	700—1 000	До 0,8	До 5	353× $\varnothing$ 60	1,0	1,6	—

Примечания: 1. Охлаждение: В-10 и ВЛ-10 — воздушное естественное; ВВ-320, ВЛВ-320, ВВ-500 и ВЛВ-500 — водяное принудительное, остальных приборов — воздушное принудительное.

2. Скорость охлаждающего воздуха: для В-25 и ВЛ-25 — 3 м/с.

3. Расход охлаждающей воды: для ВВ-320 и ВЛВ-320 — 3 л/мин, для ВВ-500 и ВЛВ-500 — 4 л/мин.

4. Цены на кремниевые вентили даны без учета стоимости охладителей.



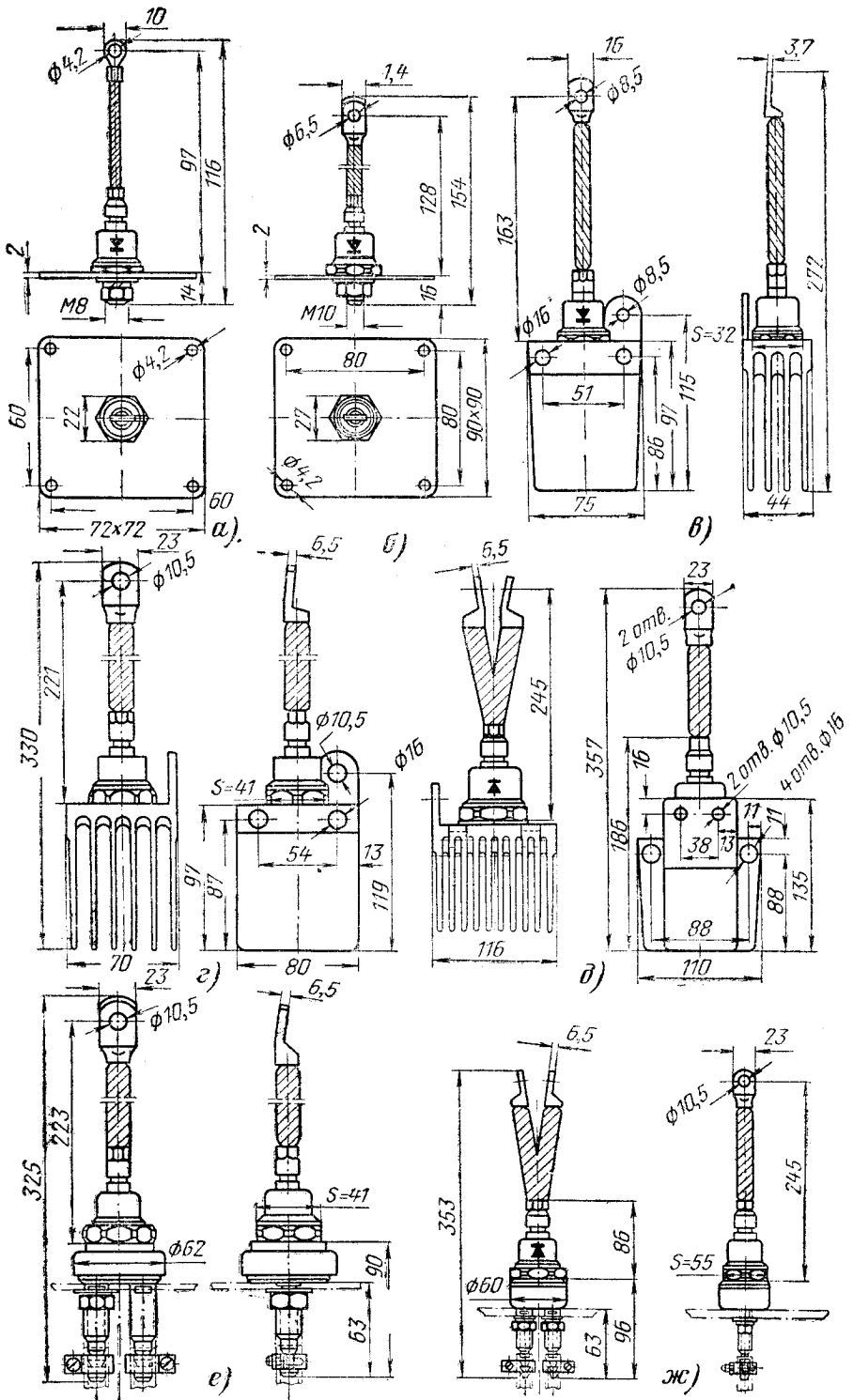


Рис. 30-13. Габаритно-установочные размеры полупроводниковых вентилях типов В, ВЛ, ВВ и ВЛВ.  
 а — В-10 и ВЛ-10; б — В-25 и ВЛ-25; в — В-50 и ВЛ-50; г — В-200 и ВЛ-200; д — В-320 и ВЛ-320; е — ВВ-320 и ВЛВ-320; ж — ВВ-500 и ВЛВ-500.

дыным охлаждением, 320 — номинальный выпрямленный ток, А.

Одной из важных характеристик полупроводникового вентиля является его вольт-

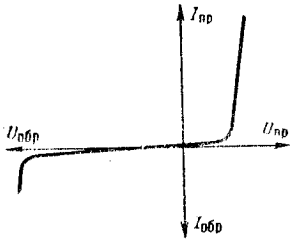


Рис. 30-14. Вольт-амперная характеристика кремниевых вентилей.

амперная характеристика (рис. 30-14), которая выражает зависимость значения тока через вентиль от среднего значения приложенного прямого напряжения и амплитудного значения обратного напряжения.

Полупроводниковые вентили весьма чувствительны к перегрузкам. Это связано с тем, что масса активной части вентиля (кремниевой пластины) очень мала, поэтому её температура быстро достигает критической величины, в результате чего может наступить пробой вентиля.

На рис. 30-15—30-17 приведены допустимые нагрузочные характеристики полупроводниковых кремниевых вентилей типа В-200 и ВЛ-200.

Технико-экономические данные силовых кремниевых неуправляемых вентилей указаны в табл. 30-4.

Рис. 30-15. Перегрузочная характеристика кремниевых вентилей типа В-200 и ВЛ-200 (номинальный средний ток — 200 А; скорость охлаждения 12 м/с; окружающая температура +40 °С).

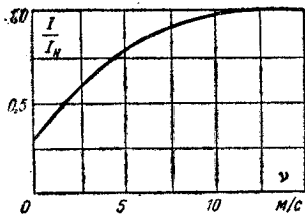
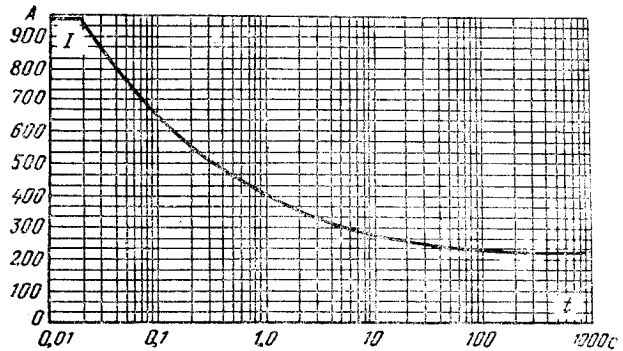


Рис. 30-16. Зависимость тока нагрузки кремниевых вентилей типа В-200 и ВЛ-200 от скорости обдува охлаждающего воздуха  $v$  при температуре +40 °С.

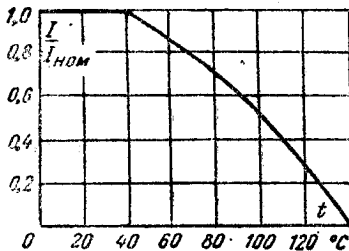


Рис. 30-17. Зависимость тока нагрузки кремниевых вентилей типа В-200 и ВЛ-200 от температуры окружающей среды.

### 30-4. СИЛОВЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЕНТИЛИ — ТИРИСТОРЫ

Силовые тиристоры серий Т, ТВ, ТЛ и ТЛВ предназначены для применения в преобразователях электрической энергии, а также в цепях постоянного и переменного тока частотой 50—500 Гц.

Тиристоры рассчитаны для работы при температуре охлаждающей воздушной среды от  $-50$  до  $+40$  °С и от  $5$  до  $30$  °С при охлаждении водой; максимально допустимой температуре электронно-дырочных переходов  $+125$  °С; относительной влажности воздуха до 98% при температуре  $+35$  °С; высоте над уровнем моря не более 1 200 м.

Тиристоры серий Т, ТВ, ТЛ и ТЛВ выпускаются по ГОСТ 14069-68.

Конструкция тиристоров (рис. 30-18). Основу тиристоров составляет кремниевая четырехслойная  $p-n-p-n$  структура, смонтированная в герметичный металлический корпус, предохраняющий ее от влияния внешних воздействий и обеспечивающий необходимый теплоотвод при работе тиристора.

Анодом тиристора является медное основание корпуса, имеющее резьбовую часть для ввинчивания прибора в охладитель для воздушного или водяного охлаждения. Ка-

тодом является гибкий медный вывод с наконечником. Катодный вывод припаян к втулке, изолированной от корпуса стеклянным изолятором.

Управляющий электрод выведен в сторону катода. Он припаян к втулке корпуса прибора и изолирован стеклянным изолятором.

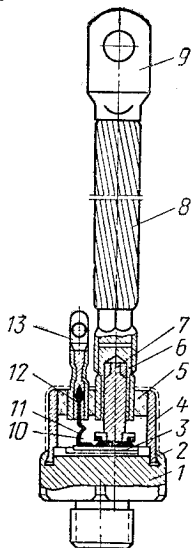


Рис. 30-18. Управляемый кремниевый вентиль — тиристор в разрезе.

1 — основание корпуса; 2 — фторопластовая прокладка; 3 — вентильный элемент; 4 — крышка; 5 — внутренняя втулка; 6 — внутренняя втулка; 7 — внутренний гибкий вывод; 8 — внешний гибкий вывод; 9 — наконечник; 10 — чашечка; 11 — вывод управляющего электрода; 12 — изолированная стальная втулка; 13 — наконечник управляющего электрода.

Габаритно-установочные размеры тиристоров приведены на рис. 30-19.

Типовое обозначение тиристора расшифровывается следующим образом:

T-160: T — тиристор с воздушным охлаждением; 160 — номинальный выпрямленный ток, А.

ТЛВ-320: Т — тиристор; Л — с лавинной характеристикой; В — с водяным охлаждением; 320 — номинальный выпрямленный ток, А.

Обратная ветвь вольт-амперной характеристики тиристора (рис. 30-20) ничем не отличается от обратной ветви характеристики неуправляемого вентиля. Рассматривая прямую ветвь характеристики, видим, что вентиль может быть открыт двумя способами: подачей на анод тиристора напряжения большего, чем напряжение включения, или пропуском через управляющий электрод — катод положительного управляющего тока.

Тиристоры, как и неуправляемые вентили, чувствительны к перегрузкам, поэтому величина нагрузки тиристора должна соответствовать условиям их охлаждения по информационным данным заводов-изготовителей.

Зависимость тока нагрузки тиристора от угла открывания показана на рис. 30-21, от условий охлаждения — на рис. 30-22 и 30-23.

Перегрузочная характеристика тиристоров типа T-160 приведена на рис. 30-24.

Таблица 30-5

Технико-экономические данные силовых управляемых кремниевых вентилях — тиристорах типа Т, ТВ, ТЛ и ТЛВ

Тип тиристора	Номинальный ток (среднее значение), А	Номинальное обратное напряжение (амплитудное значение), В	Прямое падение напряжения (среднее значение), В	Обратный ток (среднее значение), мА	Ток управления, мА	Напряжение управления, В	Размеры, мм	Масса, кг		Цена, руб.
								без охлаждения	с охлаждением	
T-10	10	50—1 000	До 0,75	До 10	До 300	5	90×90×150	0,12	0,260	—
T-25	25	50—1 000	До 0,1	До 10	До 300	5	90×90×150	0,12	0,260	От 4—00 до 22—00
T-50	50	50—1 000	До 0,85	До 10	До 300	5	70×80×272	0,19	2,09	От 5—00 до 29—50
T-100	100	50—1 000	До 0,85	До 10	До 300	5	70×80×328	0,45	2,2	От 6—00 до 27—40
ТЛ-100	100	300—700	До 1,1	До 10	До 300	5	70×80×328	0,45	2,2	От 32—00 до 58—00
T-160	160	50—1 000	До 0,75	До 10	До 300	7	70×80×328	0,45	2,2	От 6—60 до 38—20
ТЛ-160	160	300—700	До 0,9	До 10	До 300	7	70×80×328	0,45	2,2	От 40—00 до 72—00
T-200	200	50—1 000	До 0,85	До 15	До 400	8	110×116×342	0,85	4,5	—
ТВ-200	200	50—1 000	До 0,85	До 15	До 400	8	323×ø62	0,45	1,1	От 6—60 до 33—20
ТЛ-250	250	300—700	До 0,8	До 10	До 400	8	110×116×342	0,85	4,5	От 38—00 до 89—00
ТВ-320	320	50—1 000	До 0,85	До 15	До 400	8	338×ø60	0,85	1,45	—
ТЛВ-320	320	300—700	До 0,9	До 10	До 400	8	338×ø60	0,85	1,45	От 41—00 до 97—00

Примечания: 1. Охлаждение: T-10 — воздушное естественное; ТВ-200, ТВ-320 и ТЛВ-320 — водяное; остальных приборов — воздушное принудительное.

2. Скорость охлаждающего воздуха: для T-25 и T-50 — 7 м/с; для T-100, ТЛ-100, T-160, ТЛ-160,

T-200, ТЛ-250 12 м/с.

3. Расход охлаждающей воды: для ТВ-200 3 л/мин, для ТВ-320 и ТЛВ-320 4 л/мин.

4. Цены на тиристоры даны без учета стоимости охладителей.

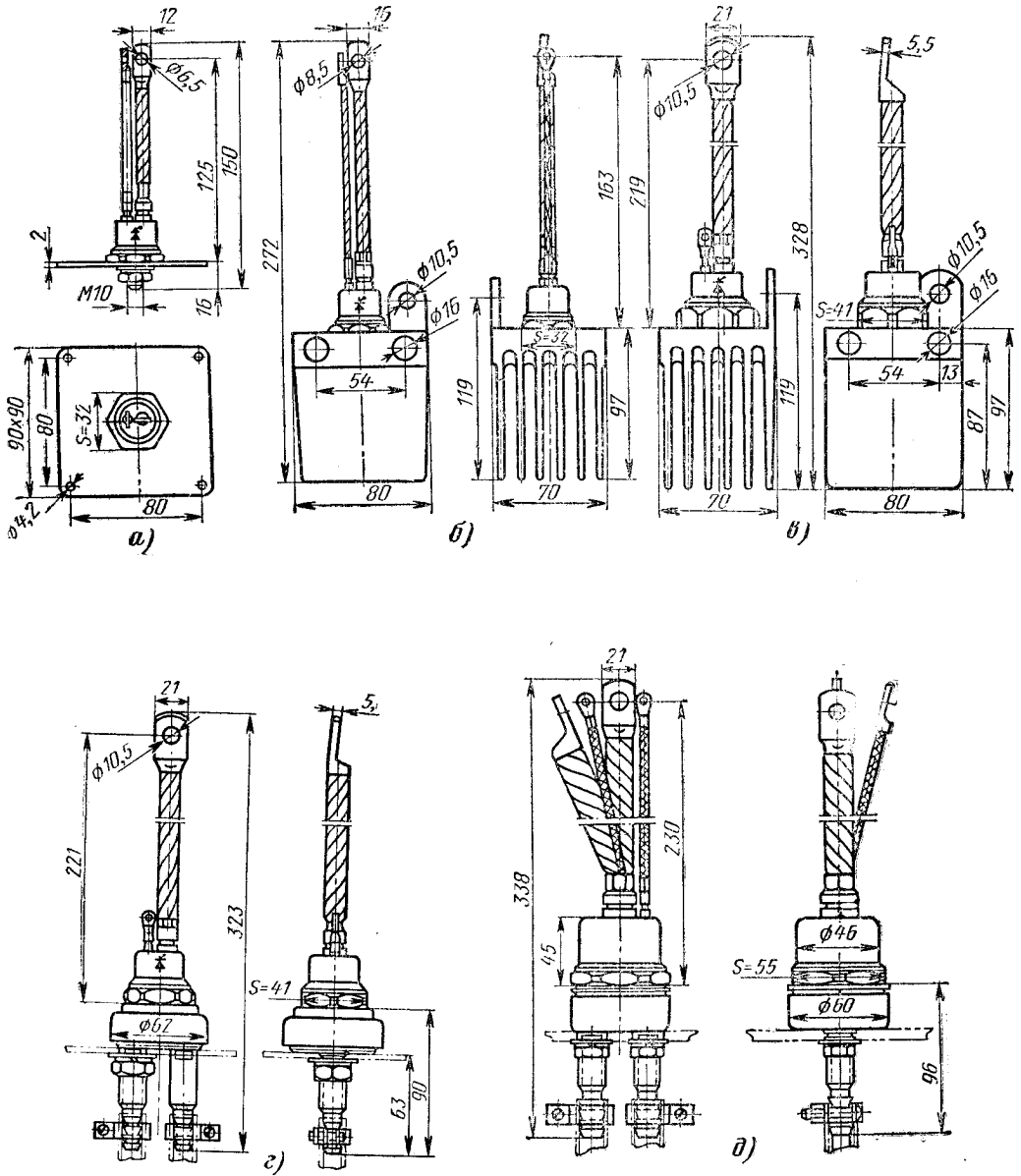


Рис. 30-19. Габаритно-установочные размеры тиристоров типа Т, ТЛ, ТВ и ТЛВ.

а — Т-25; б — Т-50; в — Т-160 и ТЛ-160; г — ТВ-200; д — ТВ-320 и ТЛВ-320.

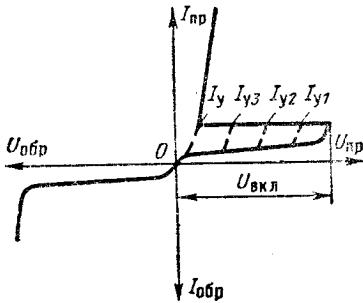


Рис. 30-20. Вольт-амперная характеристика тиристора.

$U_{пр}$  — прямое напряжение, В;  $I_{пр}$  — прямой ток, А;  $U_{обр}$  — обратное напряжение, В;  $I_{обр}$  — обратный ток, мА;  $U_{вкл}$  — напряжения включения тиристора.

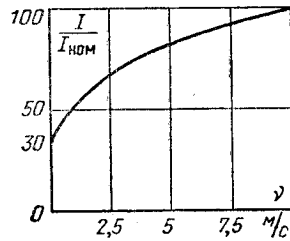


Рис. 30-22. Зависимость тока нагрузки тиристора от скорости охлаждающего воздуха  $v$ .

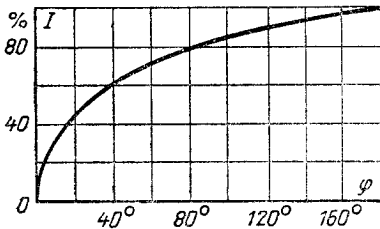


Рис. 30-21. Зависимость тока нагрузки от угла открывания тиристора  $\varphi$ .

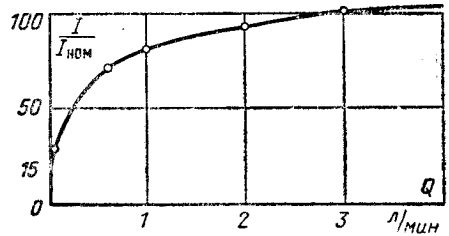


Рис. 30-23. Зависимость тока нагрузки тиристора от расхода охлаждающей воды  $Q$ .

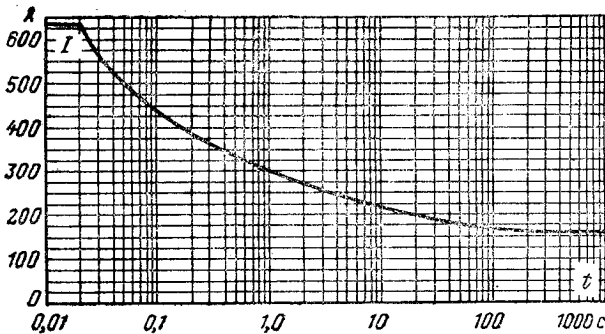


Рис. 30-24. Перегрузочная характеристика тиристорov типа Т-160 (номинальный средний ток 160 А, средняя скорость охлаждающего воздуха 12 м/с, окружающая температура +40 °С).

Технико-экономические данные силовых тиристорov указаны в табл. 30-5.

### 30-5. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Серии неуправляемых и управляемых статических полупроводниковых преобразователей применяются в различных областях промышленности.

Схема соединения неуправляемых вентилей и тиристорov в преобразовательных

установках преимущественно трехфазная мостовая, однако в установках низкого и среднего напряжения и большого тока применяется шестифазная нулевая схема с уравнительным реактором.

Для создания полупроводниковых преобразовательных установок большой мощности используется параллельное и последовательное соединение выпрямительных блоков.

Полупроводниковые преобразователи имеют различные системы охлаждения: ес-

тественное воздушное, принудительное воздушное или жидкостное (преимущественно водяное) охлаждение по разомкнутому и замкнутому циклу.

В преобразователях небольшой мощности применяется естественное воздушное

- а) блоки (панели) силовых кремниевых вентилей (тиристоров);
- б) систему охлаждения;
- в) блоки (панели) управления;
- г) блоки (панели) защиты;
- д) коммутирующую аппаратуру, аппа-

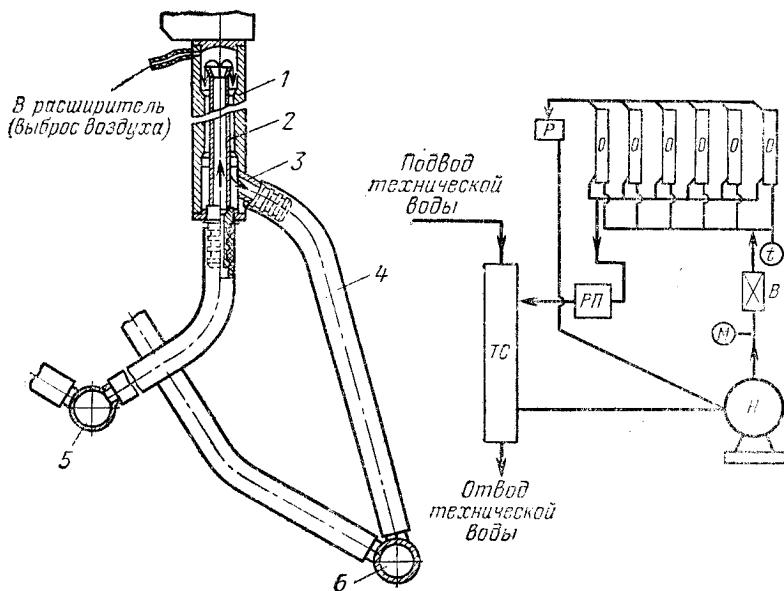


Рис. 30-25. Схема охлаждения выпрямительного блока преобразовательной установки по системе «вода — вода».

1 — трубка охлаждения; 2 — трубка медная тонкостенная; 3 — штуцер; 4 — шланг дюритовый; 5 — нагревательный патрубков; 6 — всасывающий патрубок; Н — насос водяной с электродвигателем; ТС — теплообменник; В — запорный вентиль; О — трубка-охладитель; М — электроконтактный манометр; т — электроконтактный термометр; РП — реле протока; Р — расширитель.

охлаждение, средней мощности — принудительное воздушное или жидкостное охлаждение, преобразователи большой мощности имеют в основном жидкостное охлаждение.

Схема замкнутого циркуляционного охлаждения полупроводникового преобразователя приведена на рис. 30-25.

Конструктивное исполнение. Полупроводниковые преобразовательные устройства имеют блочное и блочно-панельное исполнение.

Преобразователи малой и средней мощности выполняются преимущественно блочной конструкции (как силовая часть, так и система управления).

Преобразователи большой мощности имеют блочно-панельное исполнение, причем силовая часть выполняется в большинстве панельно из-за сложности системы охлаждения.

Конструктивно полупроводниковые преобразователи представляют собой шкафы преимущественно с двусторонним обслуживанием и содержат следующие узлы:

ратуру сигнализации и измерительные приборы.

На рис. 30-26 представлен выпрямительный блок агрегата типа ВАКВ. В блоке смонтированы кремниевые вентили, имеющие водяное охлаждение.

Каждая фаза в выпрямительном блоке имеет параллельно включенные вентили типа В-200 или ВЛ-200 и предохранители типа ПНБ-5.

Вентили смонтированы на одном групповом охладителе, являющемся одновременно токоведущей шиной. Охладителем является медный профиль с двумя продольными отверстиями, по которым протекает охлаждающая вода.

Охлаждение вентилях обеспечивается дистиллированной водой, циркулирующей по замкнутому циклу: труба, охладитель, насос, теплообменник.

В агрегатах типа ВАКД выпрямительный блок состоит из двух шкафов двустороннего обслуживания. Смонтированные кремниевые вентили имеют воздушное охлаждение (рис. 30-27). В верхней части шкафа установлены осевые вентиляторы.

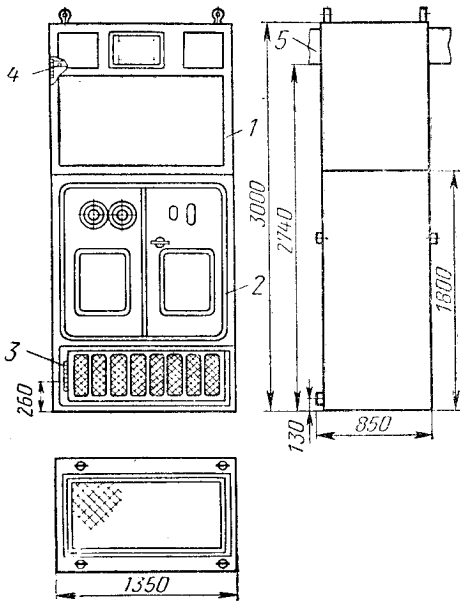


Рис. 30-26. Блок выпрямительный со встроенным дросселем насыщения и водяным охлаждением преобразовательных агрегатов серии ВАКВ.

1 — дроссель насыщения; 2 — блок выпрямительный; 3 — зажимы выпрямительного блока; 4 — зажимы дросселя насыщения; 5 — шины.

В воздуховодах имеются реле скорости воздуха и термодатчик, которые контролируют исчезновение потока охлаждающего воздуха и его температуру.

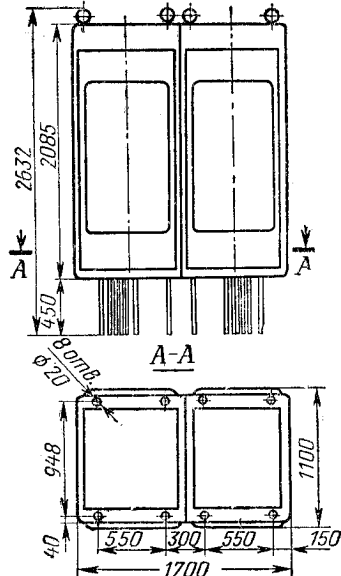


Рис. 30-27. Блок выпрямительный с принудительным воздушным охлаждением преобразовательных агрегатов серии ВАКД.

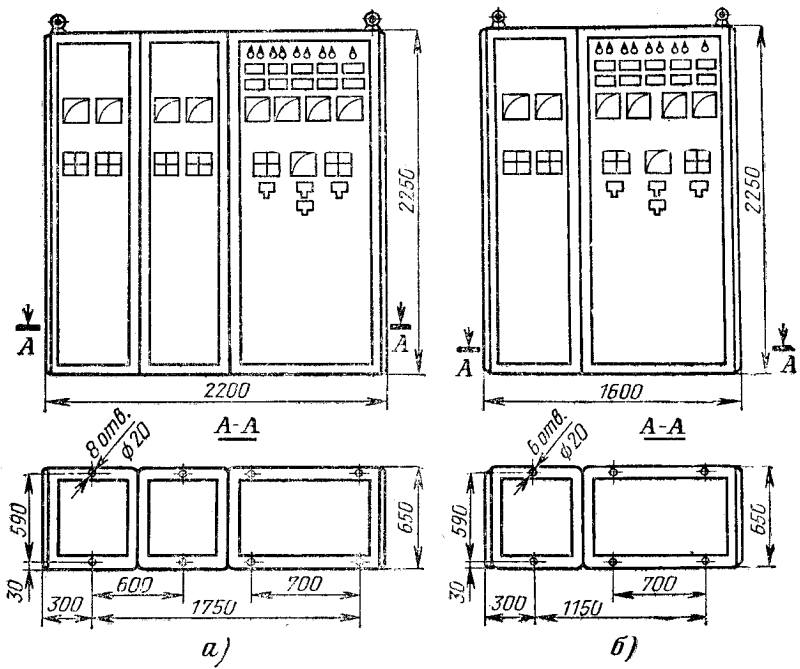


Рис. 30-28. Общий вид щитов управления полупроводниковых выпрямительных агрегатов.

а — для агрегатов на ток 25 000 А и напряжение 300, 450, 600, 850 В; б — для агрегатов на ток 12 500 А и напряжение 300, 450, 600, 850 В.

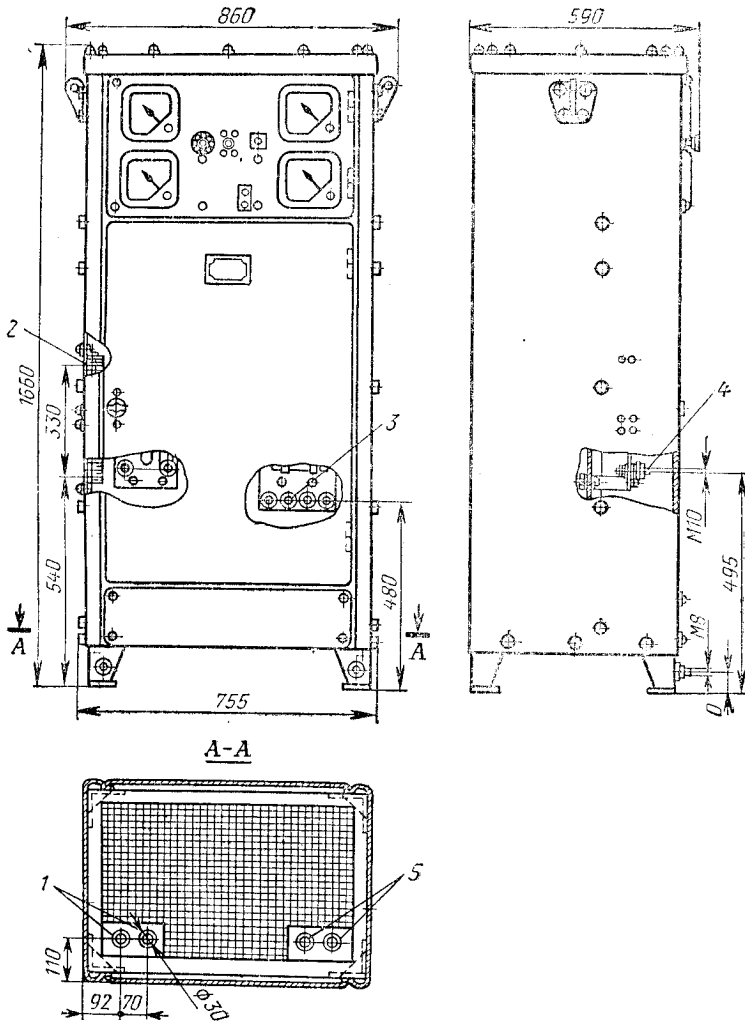


Рис. 30-29. Общий вид и габаритные размеры выпрямительного агрегата ВАЗП-50/245.

1 — отверстия для кабеля дистанционного управления и кабеля постоянного тока; 2 — зажимы дистанционного управления; 3 — выводы сети; 4 — выводы выпрямителя; 5 — отверстия для подвода кабеля переменного тока.

Щиты управления выпрямительных агрегатов типа ВАКВ и ВАКД (рис. 30-28) представляют собой металлоконструкцию каркасного типа. Щит управления — двустороннего обслуживания, выполнен в виде вертикальной панели, на которой расположены приборы измерения и сигнализации, коммутационная аппаратура и аппараты управления выпрямительным агрегатом.

В качестве примера на рис. 30-29 представлен общий вид выпрямительного зарядно-подзарядного агрегата ВАЗП-50/245. Агрегат выполнен в виде металлического шкафа, разделенного на две половины щит-

том. На нижней раме агрегата расположен трехфазный трансформатор. С задней стороны среднего щита смонтированы три однофазных магнитных усилителя и выпрямительный блок. С передней стороны шкафа расположены: панель входа, реле максимального тока, магнитный пускатель, панель автоматика.

Для контроля работы агрегат имеет открывающийся щит с приборами. Система управления агрегатом автоматического поддерживает постоянство выпрямленного напряжения с точностью  $\pm 2\%$  при изменении нагрузки от холостого хода до номи-



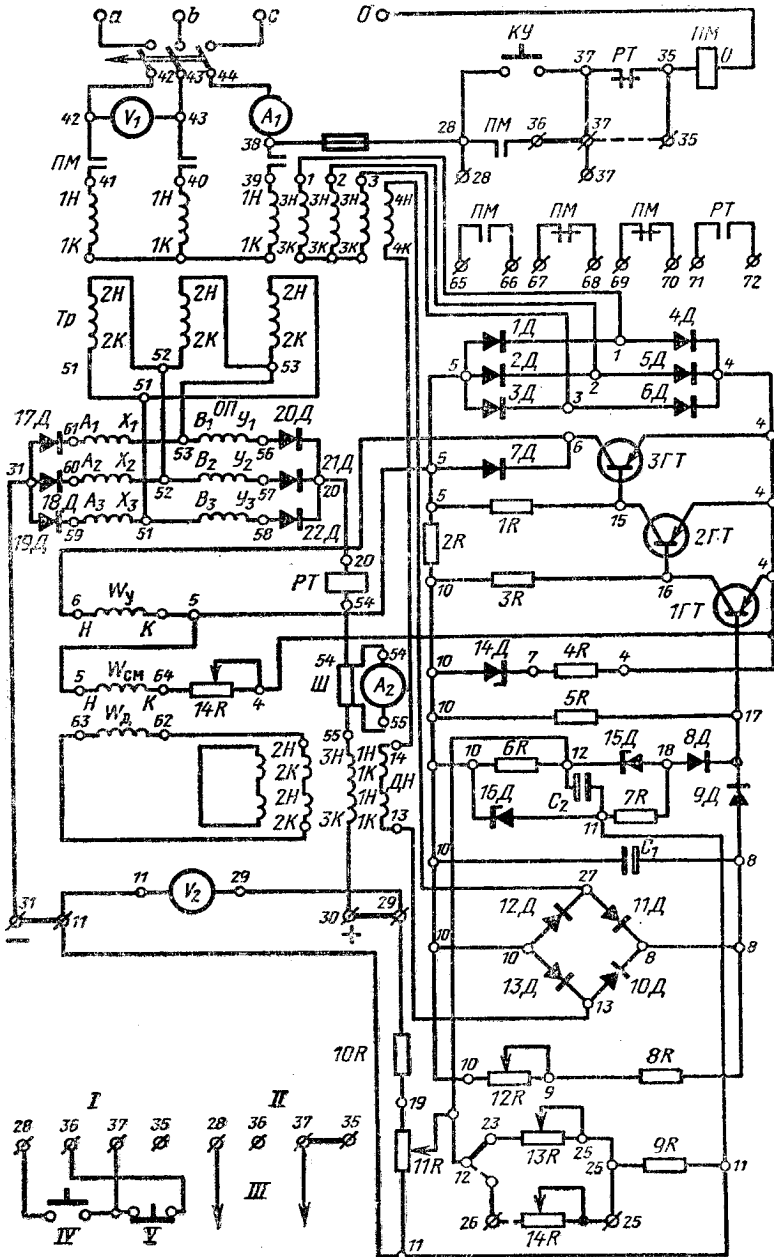


Рис. 30-30. Принципиальная электрическая схема выпрямительного агрегата ВА3П-50/245.

*I* — управление агрегатом дистанционное кнопочное; *II* — дистанционное управление агрегатом при помощи двухпозиционного реле; *III* — на н. о. контакт реле; *IV* — пуск; *V* — стоп.

нальной и одновременном изменении напряжения питающей сети на  $\pm 5\%$  номинального. Величина выпрямленного напря-

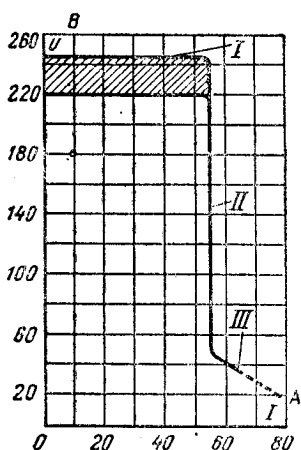


Рис. 30-31. Внешняя характеристика выпрямительного агрегата ВАЗП-50/245.

*I* — область стабилизации напряжения; *II* — токовая отсечка; *III* — точка настройки реле максимального тока на ток срабатывания; *I* — выходной ток, *A*; *U* — выходное напряжение, *B*.

жения регулируется специальным регулятором напряжения в пределах от 220 до 245 В (рис. 30-30).

Внешняя характеристика агрегата (рис. 30-31) при перегрузках больше 10% — крутопадающая (отсечка по току) на глубину не менее 80% номинального выходного напряжения.

### 30-6. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РТУТНЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Области промышленности, где применяются ртутные и полупроводниковые преобразователи, обширны и разнообразны.

К основным приемникам постоянного тока промышленных предприятий относятся:

- 1) электролизные установки цветной металлургии и химии;
- 2) установки для гальваники и электрохимической обработки металлов;
- 3) цеховые сети постоянного тока;
- 4) индивидуальный электропривод машин и механизмов;
- 5) электрифицированный промышленный транспорт;
- 6) установки для зарядки аккумуляторных батарей.

Таблица 30-6

**Выбор типа, количества преобразовательных агрегатов и преобразователей для питания потребителей постоянного тока промышленных предприятий**

Область применения	Напряжение со стороны переменного тока, кВ	Выпрямленное напряжение установки, В	Номинальный выпрямленный ток установки, А	Рекомендуемый тип преобразовательного агрегата, преобразователя
Цеховые сети постоянного тока	0,38; 6; 10	До 275	До 6 000	КВПП-2000, КВПП-4000, ВАС-275-100, МВЦС-230-2000, ВАК-3000/230И, ВУ-6,6/230; АВП-1112/5
Индивидуальный электропривод	6; 10; 35	До 910	До 3 000	Серия КРПУ, ИВУ-500/5А×6А, Б, В, Г; ИВУ-500/5А×6А, АД, К, КД; ЭВУ-250/2,5×6-2А; ЭВПУ-500/2,5×6,6А, 6А-М
		До 630	До 1 000	Серии АТ, АТВ, АТР, АТРВ; ПТТ-460(230)-100, ПТТ-460(230)-200; ПТТР-460(230-200), ПТТР-460(230)-100; серии КЭП, КВТ
Электрифицированный промышленный транспорт	6; 10	До 1650	До 2 000	УВКП-1, УВКП-2, ВУР-400-1000М, АТП-500/275М, АТП-500/600
Электролиз цветных металлов и химических продуктов	0,38; 6; 10	До 850	До 25 000	Серии ВАКВ, ВАКВ-2, ВАКД, ПКВ, ПКВВ; АВП-141/1, АВП-121/1, ВАКЭЛ-1000/250, АТВП-25000-450/10
Гальваника и электрохимическая обработка металлов	0,38; 6	До 24	До 12 500	Серии ВАКГ(Р), ВАК(Р), ВАС-600/300
Зарядка аккумуляторных батарей	0,38; 0,66	До 380	До 250	ЗУК-75/120, ЗУК-155/230М, ВАЗ-70-150, ВАЗ-35(310-75)245, ВАЗ-230-70, ВАЗП-50-245, ВАЗП-380(260-40)80, УЗА-150-80, УЗА-80-110, УЗА-250-100

Таблица 30-7

**Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных агрегатов и выпрямителей для питания электролиза цветных металлов и химических продуктов**

Тип выпрямительного агрегата, выпрямителя	Номинальная мощность, кВт	Напряжение		Номинальный выпрямительный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Цена, руб.
		питающей сети, кВ	выпрямленного тока, В				
ВАКВ-6300/24Н	15	6; 10	24	6 300	90,0	0,90	10 930
ВАКВ-6300/49Н	302	6; 10	48	6 300	92,5	0,91	11 450
ВАКВ2-6300/850Л	5 355	6; 10	350	6 300	97,8	0,95	—
ВАКВ2-12500/75	937,5	6; 10	75	12 500	94,5	0,92	16 000
ВАКВ2-12500/150	1 875	6; 10	150	12 500	95,2	0,92	16 000
ВАКВ2-12500/300	3 750	6; 10; 35	300	12 500	97,0	0,93	28 000
ВАКВ2-12500/450	5 625	6; 10; 35	450	12 500	97,2	0,93	28 000
ВАКВ2-12500/600Л	7 500	6; 10	600	12 500	97,7	0,95	30 225
ВАКВ2-12500/850Л	10 625	6; 10	850	12 500	98,2	0,95	30 225
ВАКВ2-25000/75	1 875	6; 10	75	25 000	94,7	0,92	29 700
ВАКВ2-25000/150	3 750	6; 10	150	25 000	95,5	0,92	29 700
ВАКВ2-25000/300	7 500	6; 10; 35	300	25 000	97,2	0,93	47 000
ВАКВ2-25000/450	11 250	6; 10; 35	450	25 000	97,5	0,93	47 000
ВАКВ2-25000/600Л	15 000	10; 35	600	25 000	98,0	0,95	50 000
ВАКВ2-25000/850Л	21 250	10; 35	850	25 000	98,5	0,95	50 000
ПКВВ-6300/850Л	5 355	*	850	6 300	*	*	14 060
ПКВВ-12500/600Л	7 500	*	600	12 500	*	*	25 590
ПКВВ-12500/850Л	10 625	*	850	12 500	*	*	26 590
ВАКД-6300/850Л	5 355	6; 10	850	6 300	97,8	0,95	—
ВАКД-12500/175	937,5	6; 10	75	12 500	94,5	0,92	16 000
ВАКД-12500/150	1 875	6; 10	150	12 500	95,2	0,92	16 000
ВАКД-12500/300	3 750	6; 10; 35	300	12 500	97,0	0,93	28 000
ВАКД-12500/450	5 625	6; 10; 35	450	12 500	97,2	0,93	28 000
ВАКД-12500/600Л	7 500	6; 10	600	12 500	97,7	0,95	30 225
ВАКД-12500/850Л	10 625	6; 10	850	12 500	98,2	0,95	30 225
ВАКД-25000/75	1 875	6; 10	75	25 000	94,7	0,92	29 700
ВАКД-25000/150	3 750	6; 10	150	25 000	95,5	0,92	29 700
ВАКД-25000/300	7 500	6; 10; 35	300	25 000	97,2	0,93	47 000
ВАКД-25000/450	11 250	6; 10; 35	450	25 000	97,5	0,93	47 000
ВАКД-25000/600Л	15 000	10; 35	600	25 000	98,0	0,95	50 000
ВАКД-25000/850Л	21 250	10; 35	850	25 000	98,5	0,95	50 000
ПКВ-6300/850НЛ	5 355	*	850	6 300	*	*	14 060
ПКВ-12500/600НЛ	7 500	*	600	12 500	*	*	26 590
ПКВ-12500/850НЛ	10 625	*	850	12 500	*	*	26 590
АВП-25000-450/10	11 250	10	450	25 000	—	—	—
АВП21/1	5 625	—	450	12 500	—	—	—
АВП141/1	11 250	—	450	25 000	—	—	—
АВП2213/5	937,5	—	75	12 500	—	—	—
АВП223/5	1 875	—	75	25 000	—	—	—
АВП2233/5	2812,5	—	75	37 500	—	—	—
ВАКЭЛ-1000/250	250	0,33; 6; 10	250	1 000	93,5	0,86	2 400

\* Значения определяются установленным трансформаторным оборудованием

Примечания: 1. Выпрямительные агрегаты-серий ВАКВ и ВАКВ2 и выпрямители серии ПКВВ имеют водяное охлаждение по замкнутому циклу.

2. Выпрямительные агрегаты АВП2213/5,

АВП2223/5, АВП2233/5 и ВАКЭЛ-1000/250 имеют водяное охлаждение по разомкнутому циклу.

3. Выпрямительные агрегаты АВП-25000-450/10 имеют общую систему масляного охлаждения.

4. Выпрямительные агрегаты серии ВАКД, АВП21/1, АВП141/1 и выпрямители серии ПКВ имеют воздушное принудительное охлаждение по разомкнутому циклу.

Рекомендуемые типы ртутных и полупроводниковых преобразовательных установок для питания потребителей постоянного тока промышленных предприятий приведены в табл. 30-6.

1. Из всех перечисленных видов приемников постоянного тока наиболее энергоемкими являются электролизные установки цветной металлургии и химии.

Полупроводниковые выпрямители применяются в цветной металлургии для питания установок электролиза алюминия, магния, никеля, меди, цинка и других металлов.

В химической промышленности основным потребителем постоянного тока является электролиз хлора и хлоропродуктов, аммиака, воды.

Внедрение в эти области промышленности полупроводниковых выпрямительных устройств дает значительную экономию электроэнергии.

Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных устройств для электролизных установок цветной металлургии и химии приведены в табл. 30-7.

2. В машиностроении и приборостроении значительное место занимает гальвани-

Таблица 30-8

Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных агрегатов для гальваники и электрхимической обработки металлов

Тип выпрямительного агрегата	Номинальная мощность, кВт		Выпрямленное напряжение, В		Выпрямленный ток, А		к. п. д. %	Кoeffициент мощности	Вид охлаждения	Высота × ширина × глубина, мм	Масса, кг	Цена, руб.
	минимальное	номинальное	минимальное	номинальное	минимальный	номинальный						
ВАКГ-18/9-320	12	18	3	9	75	320	70	0,64	Воздушное принудительное	1 690×870×495	300	800
ВАКГ-12/6-630	9	12	3	6	150	630	67	0,67	То же	1 690×870×495	350	850
ВАКГ-12/6-1600	9	12	3	6	400	1 600	63	0,73	Общее—воздушное, вентиляцией — водяное	1 770×916×752	650	1 500
ВАКГ-12/6-3200	9	12	3	6	750	3 200	72	0,68	То же	1 770×916×890	850	1 900
БАКР-320-18	9	18	3	9	32	320	75	0,7	Воздушное принудительное	1 600×871×514	230	1 100
ВАКР-630-12	6	12	2	6	63	630	79	0,82	То же	1 600×871×514	260	1 500
ВАК-100-12	6	12	2	6	10	100	82	0,83	Естественное	1 000×850×570	180	1 200
ВАКР-100-12	6	12	3	6	10	100	78	0,82	То же	1 000×850×570	190	1 500
ВАКР-1600-12	6	12	2	6	160	1 600	72	0,81	Общее — естественное, вентиляцией — водяное	1 980×1 340×865	1 100	4 183
ВАКР-3200-12	6	12	2	6	320	3 200	82	0,86	То же	1 980×1 275×865	1 300	6 000
ВАКР-6300-12	6	12	2	6	630	6 300	83	0,91	Трансформатора — совтовловое, вентиляцией — водяное	1 960×2 630×1 900	—	—
ВАК-12500-12	8	12	3	12	1 250	12 500	71	0,86	То же	2 375×2 945×2 400	—	—
ВАК-12500-24	12	24	4	24	1 250	12 500	88	0,87	То же	3 300×2 650×3 000	9 700	10 000
ВАС-600/300	15	30	5	30	300	600	75	0,8	Воздушное принудительное	1 355×735×610	230	380
	12	24	4	24	300	300	72	0,8				
	—	27	—	27	—	300	82	0,93				

Примечания: 1. Возможно изготовление агрегатов ВАКР-6300-12, ВАКГ-12500-12 с сухим трансформатором, напряжение питания трансформатора 0,38 кВ.

2. Напряжение питающей сети ВАКР-6300-12, ВАК-12500-12, ВАК-12500-24 6 кВ, остальных выпрямительных агрегатов 0,38 кВ.

3. Расход охлаждающего воздуха ВАКГ-18/9-320, ВАКГ-12/6-630, ВАКГ-12/6-1600 2 000 м³/ч; расход охлаждающей воды ВАКГ-12/6-1600, ВАКР-1600-12 8 л/мин; ВАКР-3200-12 16 л/мин; ВАК-12500-12 и ВАК-12500-24 5 м³/ч.

Таблица 30-9

**Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных установок для питания цеховых сетей постоянного тока**

Тип выпрямительной установки	Номинальная мощность, кВт	Выпрямленное напряжение, В	Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Габариты, мм	Масса, кг	Цена, руб.
ВАС-275-100	27,5	275	100	88,0	690×665×1 355	300	530
МВПС-230-2000*	460	230	2 000	98,0	850×750×2 240	500	2 280
КВПП-2000	460	230	2 000	95,0	1 100×1 100×2 400	745	—
ВАК-3000/230Н	590	230	3 000	96,0	1 400×830×2 400	750	4 900
КВПП-4000	920	230	4 000	96,0	900×1 100×2 400	1 135	—
АВП-1112/5	1 380	230	6 000	—	—	—	—
ВУ-6,6/230	6,6	230	30	—	900×600×1 700	310	1 350

\* Поставляется взамен ртутных выпрямителей.

Примечания: 1. Напряжение питающей сети ВАС-275-100, ВУ-6,6/230 0,38 кВ; КВПП-2000, КВПП-4000, ВАК-3000/230Н 6 и 10 кВ.

2. Охлаждение ВУ-6,6/230 — естественное, остальных выпрямительных установок — воздушное принудительное.

Таблица 30-10

**Технико-экономические данные тиристорных преобразовательных агрегатов и преобразователей для питания индивидуального электропривода постоянного тока**

Тип преобразовательного агрегата, преобразователя	Номинальная мощность, кВт	Напряжение		Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Габариты, мм	Масса, кг	Цена, руб.
		питающей сети, кВ	выпрямленного тока, В						
<i>Нереверсивные преобразовательные агрегаты и преобразователи</i>									
АТВ-100/230-1	23	0,38	230	100	87	0,83	1 000×900×2 500	750	5 200
АТВ-200/230-1	46	0,38	230	200	88	0,83	1 700×1 120×2 480	1 130	5 800
АТВ-320/230-1	73,6	0,38	230	320	89	0,83	1 950×1 120×2 480	1 690	6 000
АТВ-500/230-1	115	0,38	230	500	90	0,83	1 950×1 120×2 480	2 550	6 500
АТВ-800/230-1	184	6; 10	230	800	90	0,85	3 230×1 120×2 500	3 380	7 000
АТВ-100/230-2	23	0,2	230	100	87	0,80	1 000×900×2 500	460	5 000
АТВ-200/230-2	46	0,2	230	200	88	0,84	1 000×1 100×2 500	760	5 300
АТВ-320/230-2	73,6	0,2	230	320	89	0,84	1 000×1 100×2 500	920	5 600
АТВ-500/230-2	115	0,2	230	500	90	0,84	1 000×1 100×2 500	920	6 000
АТВ-500/460-1	230	6; 10	460	500	95	0,83	3 230×1 100×2 500	3 310	6 300
АТВ-800/460-1	368	6; 10	460	800	95	0,83	3 230×1 260×2 500	4 990	7 000
АТВ-100/460-2	46	0,38	460	100	90	0,83	1 000×900×2 500	460	5 700
АТВ-200/460-2	92	0,38	460	200	92	0,83	1 300×1 100×2 500	760	5 800
АТВ-320/460-2	147,2	0,38	460	320	95	0,83	1 000×1 160×2 500	920	6 050
АТВ-500/460-2	320	0,38	460	500	95	0,83	1 000×1 160×2 500	920	7 000
АТ-100/230-1	23	0,38	230	100	87	0,82	1 000×900×2 500	700	8 200
АТ-200/230-1	46	0,38	230	200	88	0,82	2 400×1 120×2 480	1 900	8 500
АТ-320/230-1	73,6	0,38	230	320	89	0,82	2 650×1 120×2 480	2 260	8 800
АТ-500/230-1	115	0,38	230	500	90	0,82	2 650×1 120×2 480	2 550	9 400
АТ-800/230-1	184	6; 10	230	800	91	0,85	3 930×1 120×2 480	4 300	11 000
АТ-1000/230-1	230	6; 10	230	1 000	92	0,85	3 930×1 120×2 480	4 300	11 500
АТ-1600/230-1	368	6; 10	230	1 600	—	—	—	—	—
АТ-2500/230-1	575	6; 10	230	2 500	—	—	—	—	—
АТ-100/230-2	23	0,2	230	100	87	0,85	1 000×900×2 500	460	7 700
АТ-200/230-2	46	0,2	230	200	88	0,85	1 700×1 120×2 480	1 320	7 800
АТ-320/230-2	73,6	0,2	230	320	90	0,85	1 700×1 120×2 480	1 420	7 950
АТ-500/230-2	115	0,2	230	500	90	0,85	1 700×1 120×2 480	1 490	8 250
АТ-800/230-2	184	0,2	230	800	—	—	—	—	—
АТ-1000/230-2	230	0,2	230	1 000	—	—	—	—	—
АТ-500/460-1	230	6; 10	460	500	94	0,85	3 930×1 120×2 480	4 420	14 000
АТ-800/460-1	368	6; 10	460	800	94	0,85	3 980×1 320×2 480	6 130	14 800
АТ-1000/460-1	460	6; 10	460	1 000	94	0,85	3 980×1 320×2 480	6 130	15 300
АТ-1600/460-1	736	6; 10	460	1 600	95	0,85	6 525×1 740×2 500	8 030	16 000
АТ-2500/460-1	1 150	6; 10	460	2 500	—	—	—	—	—
АТ-100/460-2	46	0,38	460	100	91	0,85	1 000×900×2 500	460	8 000
АТ-200/460-2	92	0,38	460	200	92	0,85	1 700×1 120×2 480	1 340	8 400
АТ-320/460-2	147,2	0,38	460	320	93	0,85	1 700×1 120×2 480	1 680	8 550
АТ-500/400-2	230	0,38	460	500	95	0,85	—	—	9 250
АТ-800/460-2	368	0,38	460	800	—	—	—	—	—
АТ-1000/460-2	460	0,38	460	1 000	—	—	—	—	—
АТ-1600/825-1	1 320	6; 10	825	1 600	95	0,85	6 525×1 740×2 520	—	25 000
ПТТ-460-100	23,0	0,38	460	50	97,0	—	750×600×2 000	280	1 340

Продолжение табл. 30-10

Тип преобразовательного агрегата, преобразователя	Номинальная мощность, кВт	Напряжение		Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Габариты, мм	Масса, кг	Цена, руб.
		питающей сети, кВ	выпрямленного тока, В						
ПТТ-230-100	11,5	0,38	230	50	97,0	—	750×600×2 000	280	1 280
ПТТ-460-200	46,0	0,38	460	100	97,0	—	630×850×2 400	500	2 020
ПТТ-230-200	23,0	0,38	230	100	97,0	—	630×850×2 400	500	1 900
КЭП-16×2-200	16	0,38	230	90	97,0	0,65	700×800×2 066	700—800	—
КЭП-32×2-200	32	0,38	230	130	90,0	0,69	700×800×2 554	700—800	—
КЭП-48×2-200	48	0,38	230	230	92,0	0,6	700×800×2 554	700—800	—
КЭП-32×2-400	32	0,38	460	63	90,0	0,6	700×800×2 066	700—800	—
КЭП-48×2-400	48	0,38	460	100	90,0	0,6	700×800×2 554	700—800	—
КВТ-04×2-200-2	4,0	0,38	230	20	97,0	0,65	700×600×1 900	320	—
КВТ-04×2-200-4	4,0	0,38	460	10	97,0	0,65	700×800×1 900	320	—
КВТ-04×100-1	4,0	0,38	115	40	97,0	0,65	700×600×1 900	320	—
КВТ-04×1-100-2	4,0	0,38	230	20	97,0	0,65	700×600×1 900	320	—
КВТ-08×2-200-2	8,0	0,38	230	40	97,0	0,65	700×600×1 900	400	—
КВТ-08×2-200-4	8,0	0,38	460	20	97,0	0,65	700×600×1 900	400	—
КВТ-08×1-100-1	8,0	0,38	115	80	97,0	0,65	700×600×1 900	480	—
КВТ-08×1-100-2	8,0	0,38	230	40	97,0	0,65	700×600×1 900	400	—

## Реверсивные преобразовательные агрегаты и преобразователи

АТРВ-320/230-2С	73,6	0,2	230	320	93	0,83	1 700×1 120×2 480	1 330	9 350
АТРВ-320/460-2С	147,2	0,38	460	320	92	0,83	1 700×1 120×2 480	1 390	10 000
АТР-100/230-1Р	23	0,38	230	100	87	0,82	1 000×900×2 560	760	7 900
АТР-200/230-1Р	46	0,38	230	200	87	0,82	2 400×1 120×2 480	1 960	8 000
АТР-320/230-1Р	73,6	0,38	230	320	87	0,82	2 650×1 120×2 480	2 350	10 900
АТР-500/230-1Р	115	0,38	230	500	87	0,82	2 650×1 100×2 480	2 640	11 580
АТР-800/230-1Р	184	6; 10	230	800	88	0,85	4 230×1 120×2 480	4 470	11 450
АТР-1000/230-1Р	230	6; 10	230	1 000	88	0,85	4 230×1 120×2 480	4 470	11 400
АТР-1600/230-1Р	368	6; 10	230	1 600	—	—	—	—	—
АТР-2500/230-1Р	575	6; 10	230	2 500	—	—	—	—	—
АТР-100/230-2Р	23	0,2	230	100	87	0,85	1 000×900×2 500	520	9 000
АТР-200/230-2Р	46	0,2	230	200	87	0,85	1 700×1 120×2 480	1 370	9 100
АТР-320/230-2Р	73,6	0,2	230	320	87	0,85	1 700×1 120×2 480	1 430	9 900
АТР-500/230-2Р	115	0,2	230	500	87	0,85	1 700×1 120×2 480	1 550	10 250
АТР-800/230-2Р	184	0,2	230	800	—	—	—	—	—
АТР-1000/230-2Р	230	0,2	230	1 000	—	—	—	—	—
АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85	3 930×1 120×2 480	4 520	10 200
АТР-800/460-1Р	368	6; 10	460	800	92	0,85	4 280×1 320×2 480	6 920	13 160
АТР-1000/460-1Р	460	6; 10	460	1 000	93	0,85	4 280×1 320×2 480	6 920	13 150
АТР-1600/460-1Р	736	6; 10	460	1 600	94	0,85	7 225×1 740×2 500	8 870	16 000
АТР-2500/460-1Р	1 150	6; 10	460	2 500	—	—	—	—	—
АТР-100/460-2Р	46	0,38	460	100	89	0,85	1 000×900×2 500	520	7 800
АТР-200/460-2Р	92	0,38	460	200	90	0,85	1 700×1 120×2 480	1 390	9 200
АТР-320/460-2Р	147,2	0,38	460	320	92	0,85	1 700×1 120×2 480	1 700	10 500
АТР-500/460-2Р	230	0,38	460	500	93	0,85	1 700×1 120×2 480	2 000	11 200
АТР-800/460-2Р	368	0,38	460	800	—	—	—	—	—
АТР-100/230-1С	23	0,38	230	100	87	0,80	1 000×1 100×2 500	920	8 500
АТР-200/230-1С	46	0,38	230	200	87	0,80	2 400×1 120×2 480	2 280	9 000
АТР-320/230-1С	73,6	0,38	230	320	87	0,80	2 950×1 120×2 480	2 810	10 000
АТР-500/230-1С	115	0,38	230	500	87	0,80	2 950×1 120×2 480	3 270	12 000
АТР-800/230-1С	184	6; 10	230	800	88	0,83	4 930×1 120×2 480	5 690	15 200
АТР-1000/230-1С	230	6; 10	230	1 000	88	0,83	4 930×1 120×2 480	5 690	15 200
АТР-1600/230-1С	368	6; 10	230	1 600	—	—	—	—	—
АТР-2500/230-1С	575	6; 10	230	2 500	—	—	—	—	—
АТР-100/230-2С	23	0,2	230	100	87	0,81	1 000×1 100×2 500	640	10 500
АТР-200/230-2С	46	0,2	230	200	87	0,81	2 000×1 120×2 480	1 670	11 000
АТР-320/230-2С	73,6	0,2	230	320	87	0,83	2 000×1 120×2 480	1 900	11 350
АТР-500/230-2С	115	0,2	230	500	87	0,83	2 000×1 120×2 480	2 190	11 950
АТР-800/230-2С	184	0,2	230	800	—	—	—	—	—
АТР-1000/230-2С	230	0,2	230	1 000	—	—	—	—	—
АТР-500/460-1С	230	6; 10	460	500	92	0,82	4 230×1 120×2 480	4 720	11 000
АТР-800/460-1С	368	6; 10	460	800	92	0,85	4 980×1 120×4 980	7 330	15 300
АТР-1000/460-1С	460	6; 10	460	1 000	93	0,85	4 980×1 120×2 480	7 330	15 300
АТР-1600/460-1С	736	6; 10	460	1 600	—	—	—	—	—
АТР-2500/460-1С	1 150	6; 10	460	2 500	—	—	—	—	—
АТР-100/460-2С	46	0,38	460	100	89	0,81	1 000×1 100×2 500	640	10 500
АТР-200/460-2С	92	0,38	460	200	90	0,81	2 000×1 120×2 480	1 700	11 000
АТР-320/460-2С	1 472	0,38	460	320	92	0,83	2 000×1 120×2 480	1 950	11 450

Продолжение табл. 30-10

Тип преобразовательного агрегата, преобразователя	Номинальная мощность, кВт	Напряжение		Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Габариты, мм	Масса, кг	Цена, руб.
		питающей сети, кВ	выпрямленного тока, В						
АТР-500/460-2С	230	0,38	460	500	92	0,83	1 700×1 120×2 480	1 940	12 000
АТР-800/460-2С	368	0,38	460	800	—	—	—	—	—
АТР-1000/460-2С	460	0,38	460	1 000	—	—	—	—	—
АТР-1600/825-1Р	1 320	6; 10	825	1 600	94	0,85	4 280×1 260×2 500	—	—
ПТТР-230-200	46,0	0,22	230	100	97,0	—	630×850×2 400	500	2 600
ПТТР-460-200	92,0	0,38	460	100	97,0	—	630×850×2 400	500	2 400
ПТТР-460-100	46,0	0,38	460	50	97,0	—	630×850×2 400	425	2 480
ПТТР-23-100	23,0	0,22	230	50	97,0	—	630×850×2 400	425	2 360
КЭП-16×2-100	16	0,38	115	120	97,0	0,65	700×800×2 066	700—800	—
КЭП-32×2-100	32	0,38	115	240	90,0	0,69	700×800×2 554	700—800	—
КЭП-48×2-100	48	0,38	115	360	92,0	0,6	700×800×2 554	700—800	—
КЭП-32×2-300	32	0,38	230	125	90,0	0,6	700×800×2 066	700—800	—
КЭП-48×2-300	48	0,38	230	160	90,0	0,6	700×800×2 554	700—800	—
КВТ-04×2-100-2	4	0,38	230	20	97,0	0,65	700×600×1 900	320	—
КВТ-08×2-100-1	8	0,38	115	80	97,0	0,65	700×600×1 900	400	—
КВТ-08×2-100-2	8	0,38	230	40	97,0	0,65	700×600×1 900	400	—

Примечания: 1. Нереверсивные преобразовательные агрегаты и преобразователи имеют диапазоны регулирования 0—100%, реверсивные — 100—0—100%.

2. Преобразовательные агрегаты и преобразователи ПТТ(Р)-460(230)-100, ПТТ(Р)-460(230)-200,

серий АТ(В) и АТ(Р)В до 200 А, КЭП, КВТ (за исключением КЭП-48×2-400, КЭП-32×2-100, КЭП-48×2-100 и КЭП-48×2-300) имеют естественное охлаждение, остальные — воздушное принудительное.

ческое покрытие и электрохимическая обработка металлов.

Особенностью гальванических процессов является применение низкого напряжения (до 48 В) и постоянного тока до нескольких десятков тысяч ампер при автоматическом поддержании заданной плотности тока.

Для улучшения процессов производства применяется автоматическое реверсирование тока.

Выпрямительные агрегаты, питающие ванны для гальваники и электрохимической обработки металлов, работают в двух режимах: при увеличенном напряжении и увеличенном токе.

Технико-экономические показатели данных выпрямительных агрегатов приведены в табл. 30-8.

3. Для питания постоянным током различных вспомогательных приводов, системы сигнализации и управления на промышленных предприятиях не требуется изменение напряжения сети постоянного тока.

Сеть постоянного тока напряжением 230 В питается от полупроводниковых выпрямительных устройств, технико-экономические данные которых приведены в табл. 30-9.

4. Индивидуальный электропривод постоянного тока применяется во многих отраслях промышленности. Это прокатные станы металлургических заводов, различные станки в машиностроении, легкой промышленности и т. д.

Особенностью электропривода постоянного тока является большая пиковая нагрузка, а в реверсивных схемах еще и значительная нагрузка.

Все это налагает высокие требования к преобразовательным установкам, питающим электрические двигатели постоянного тока. Поэтому в настоящее время в мощных установках электропривода с напряжением 600 В и выше применяются еще ртутные преобразователи, как более надежные, обеспечивающие быстрейшее действие перегрузки и большие перенапряжения.

Технико-экономические данные ртутно-преобразовательных установок для питания индивидуального электропривода и общепромышленных механизмов указаны в табл. 30-3.

Однако для питания индивидуального электропривода постоянного тока все шире внедряются тиристорные преобразовательные установки (табл. 30-10).

5. Электрифицированный промышленный транспорт применяется как для внутрицеховых перевозок, так и для открытых и подземных горных разработок. Это рудничные электровозы, троллейбусы, питающиеся от сети постоянного тока напряжением до 1 650 В.

Особенностью сети питания электрифицированного транспорта является наличие пиковых изменений нагрузок. Поэтому полупроводниковые преобразовательные установки, питающие контактную сеть, рассчитаны на значительные кратковременные перегрузки (табл. 30-11).

6. Полупроводниковые зарядные устройства широко применяются для зарядки различных щелочных и кислотных аккумуляторных батарей шахтных электровозов, электропогрузчиков, автомобилей и т. д.

Номинальные параметры (зарядный ток и напряжение) определяются типом аккумуля-

Таблица 30-11

## Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных агрегатов для питания электрифицированного промышленного транспорта

Тип выпрямительного агрегата	Номинальная мощность, кВт	Выпрямленное напряжение, В	Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Размеры, мм	Масса, кг	Цена, руб.
УВКП-1	3 300	1 650	2 000	98,0	0,92	3 650×900×2 500*	2 600*	11 380
УВКП-2	1 650	1 650	1 000	98,0	0,92	1 355×1 092×2 630*	545*	5 700
АТП-500/275М	137,5	275	500	96,0	0,94	1 100×740×1 950	402	3 100
АТП-500/600	300	600	500	97,0	0,94	1 460×700×1 970	540	5 700
ВУР-400-1000М	340	280—340	1 000	98,5	—	920×720×1 970	300	1 475

\* Размеры и масса указаны только выпрямительного шкафа.

сети УВКП-1 и УВКП-2 — 35 кВ; АТП-500/275М, АТП-500/600 и ВУР-400-1000М — 6 кВ.

2. Охлаждение выпрямительных агрегатов воздушное принудительное.

Примечания: 1. Напряжение питающей

мультиорной батареи и числом заряжаемых элементов.

Зарядные устройства работают при стабилизации зарядного тока на нескольких ступенях напряжения питания в зависимости от типа аккумуляторной батареи.

Для зарядки аккумуляторных батарей применяются полупроводниковые диодные и тиристорные выпрямительные устройства. Технико-экономические данные которых приведены в табл. 30-12.

Таблица 30-12

## Технико-экономические данные полупроводниковых выпрямительных агрегатов для зарядки аккумуляторных батарей

Тип выпрямительного агрегата	Номинальная мощность, кВт	Выпрямленное напряжение, В	Номинальный выпрямленный ток, А	К. п. д., %	Коэффициент мощности	Размеры, мм	Масса, кг	Цена, руб.
ВАЗ-70-150	10,5	30—70	60—150	80,0	0,81	750×570×1 610	320	700
ВАЗ-230-70	16,1	70	220—235	83,0	—	880×470×1 580	370	720
ВАЗ-35(310-75)245	24,0	0—220	15—35	87,0	0,68	755×590×1 660	440	1 030
		100—320	75	87,0	0,67	755×590×1 660	440	1 030
ВАЗП-50-245	12,25	220—245	50	84,0	0,96	755×590×1 660	420	960
ЗУК-75/120	9,0	120	75	86,0	0,82	675×620×1 135	251	745
ЗУК-155/230М	40,0	230	155	88—93	0,82—0,88	730×754×1 662	550	1 100
ВАЗП-380(260-40)80	30,4	220—260	4—80	91,0	—	850×600×2 400	473	—
		260—380	4—40	—	—	850×600×2 400	473	—
УЗА-150-80	12,0	32—50	63—150	81,0	0,81	616×590×1 695	275	820
УЗА-80-110	8,8	70—96	32—80	86,0	0,75	616×590×1 695	285	—
УЗА-250-100	25,0	96—110	16—40	—	—	—	—	—
		50—100	125—250	85,0	0,82	750×620×1 900	450	—

Примечания: 1. Напряжение питающей сети ЗУК-75/120 и ЗУК-155/230М 0,6 и 0,38 кВ, остальных агрегатов — 0,38 кВ.

2. Охлаждение ВАРП-50-245, ЗУК-75/120, ВАРП-380 (260-40) 80, УЗА-80-110 естественное, остальных агрегатов — воздушное принудительное.

## Список литературы

30-1. Ртутные вентили ЭВ-250/2,5 и ИВУ-500/5. Каталог 05.02.03-70. Информэлектро.

30-2. Силовые преобразователи (свод-

ный каталог) 05.03.31-71. Информэлектро.

30-3. Силовые кремниевые вентили (диоды, тиристоры, симисторы). Каталог 05.03.51-70. Информэлектро.

## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ПЕРВЫЙ

## КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

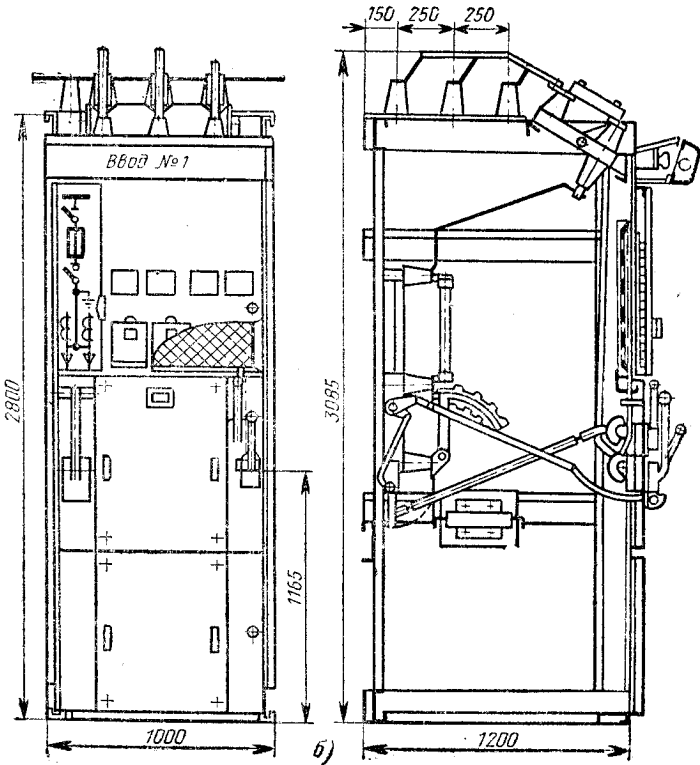
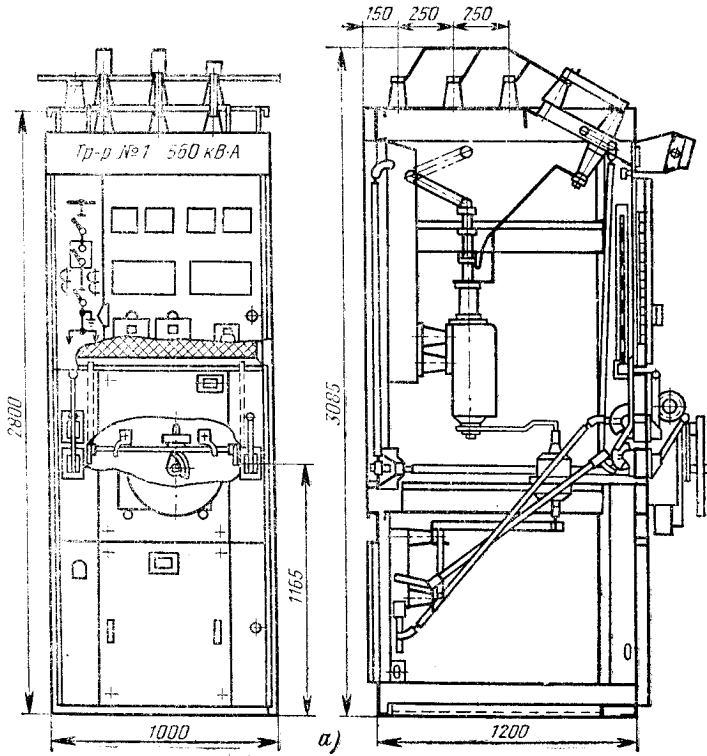
## 31-1. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА (КРУ) ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства (КРУ) предназначены для приема и распределения электрической энергии пе-

ременного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц, напряжением 3, 6 и 10 кВ.

КРУ устанавливают в главных распределительных устройствах и на электрических подстанциях промышленных предприятий. КРУ представляют собой набор соединенных между собой металлических





шкафов со встроенными в них электрическими аппаратами, приборами измерения, защиты, автоматики, сигнализации и управления, а также вспомогательными устройствами.

В зависимости от схемы аппарата одного электрического присоединения может быть размещена в одном или в нескольких соединенных между собой шкафах.

Благодаря преимуществам КРУ по сравнению с распределительными устройствами, выполняемыми при помощи железобетонных ячеек или стальных шкафов типа КСО, они получили в настоящее время распространение на электрических станциях и подстанциях. Преимущества КРУ следующие: большая надежность в работе, безопасность в обслуживании, взаимозаменяемость отдельных узлов, компактность, экономичность, а также индустриализация монтажных работ.

Основными заводами — изготовителями КРУ в Советском Союзе являются Запорожский трансформаторный завод, московский и куйбышевский заводы «Электроштит».

Шкафы КРУ, изготавливаемые заводами Советского Союза, имеют одну систему сборных шин, рассчитаны для установки над уровнем моря не выше 1 000 м и пред-

назначены в основном для одностороннего обслуживания.

Основные технические характеристики шкафов КРУ приведены в табл. 31-1 — 31-4.

Шкафы КРУ изготавливаются из листовой стали толщиной 2—3 мм и из стальных гнутых и прокатных профилей. КРУ выполняются со стационарной установкой оборудования или с выкатной тележкой.

#### а. Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения

Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения изготавливаются следующих серий: КСО-2УМ; КСО-3; К-ХI; КРУС и К-ХХII.

Такое обозначение различных серий распределительных устройств составляется следующим образом: К — камеры; С — сборные; О — одностороннего обслуживания; 2УМ — производственная серия; 3, ХI, ХII — производственные серии; КРУ — комплектные распределительные устройства; С — сборного исполнения.

Основные технические данные, параметры, габариты, установочные размеры и назначение приведены в табл. 31-1.

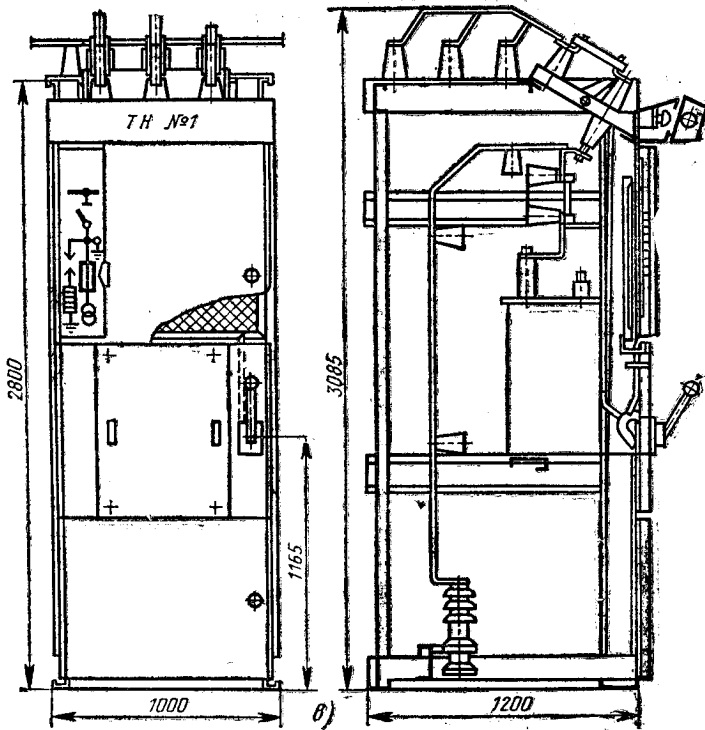


Рис. 31-1. Стационарные камеры серии КСО-266.

а — камера отходящей линии с масляным выключателем; б — то же с выключателем нагрузки и предохранителем; в — камера с трансформатором напряжения и разрядником.

Таблица 31-1

## Основные технические данные, параметры, габариты, установочные размеры и назначения КРУ стационарного исполнения

Показатели	Серии КРУ стационарного исполнения					
	КСО-2УМ	КСО-3	К-Х1	КРУС	К-ХХ11	
Номинальное напряжение, кВ	До 10	До 10	10	10	6	
Номинальный ток, А	1 000	400	2 100	1 700	3 000	
Отключающая мощность при указанном напряжении, МВ·А	350	350	350	350	400	
Предельный сквозной ток короткого замыкания (амплитуда), кА	52	52	52	52	100	
Ток термической устойчивости для промежутка в 10 с, кА	14	14	14	14	40 в течение 2,5 с	
Тип выключателя	ВМГ-133, ВМП-17	ВН-16, ВМП-16	МГГ-10	МГГ-10	МГГ-10/750	
Тип привода при оперативном токе	постоянном	ПС-10М	—	ПЭ-2	ПЭ-2	ПЭ-21
	переменном	ППМ-10; ПРБА; ПР-17; ПРА-17	ПР-17; ПРА-17	—	—	—
Трансформаторы тока	ТПЛ-10; ТПОЛ-10; По заказу	ТПЛ-10 По заказу	ТПШЛ А100×10 или А2(100×10) Одинарная	ТПШЛ А100×10 или А2(100×10) Одинарная	ТПШЛ МГТ100×10	
Сечение сборных шин, мм <sup>2</sup>	Одинарная	Одинарная	Вводы и секционирование			
Система сборных шин	Одинарная	Одинарная	Вводы и секционирование			
Виды электрических присоединений	Вводы, секционирование, отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники, конденсаторные батареи, трансформаторы собственных нужд	Вводы, секционирование, разъемный соединитель, отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники	Вводы и секционирование			
Количество шкафов для размещения одного присоединения, шт.	1*	1	2	2	2	
Максимальное количество и сечение силовых кабелей в шкафах ввода, мм <sup>2</sup>	**	**	8(3×240)	8(3×240)	—	
Размеры, мм:						
ширина	1 200	1 000	2×1 500	2×1 500	2×1 500	
глубина	1 200	1 100	1 600	1 700	1 800	
высота	3 200	2 500	3 180	3 330	3 050	
Завод-изготовитель	Заводы Главэлектромонтажа		МЭЩ	КЭЩ	МЭЩ	

\* Вводы или отходящие линии до 1 000 А с шестью кабелями выполняются в двух шкафах.

\*\* См. каталог № 2460; 2469А (КСО-2УМ) и 02.12.63 (КСО-3).

Распределительные устройства КСО-2УМ и КСО-3 отличаются простотой конструкции, имеют несколько меньший размер шкафа по глубине, но вместе с тем имеют ряд технических недостатков по сравнению с КРУ выкатного типа тех же параметров, а именно:

1. При выходе из строя коммутационного аппарата потребитель отключается на время, необходимое для ремонта аппаратуры.

2. Значительно увеличиваются трудозатраты на производство ревизий основных аппаратов КСО.

3. Открытое незащищенное исполнение конструкций, сборные шины проложены открыто.

4. Шкафы предусматривают размещение и монтаж лишь упрощенных схем вторичных соединений.

5. Значительно большие размеры по высоте и ширине шкафа.

6. Величина максимального номинального тока равна 1 000 А, что исключает применение КСО в сетях большой мощности.

ЦПКБ треста Электромонтажконструкция разработана новая конструкция распределительных устройств КСО-266 и КСО-366, которые заменяют КСО-2УМ и КСО-3. Основными отличительными особенностями новых КСО по сравнению со старыми являются наличие стационарных заземляющих ножей, блокировок, сокращение размера по ширине до 1 000 мм (рис. 31-1 и 31-2).

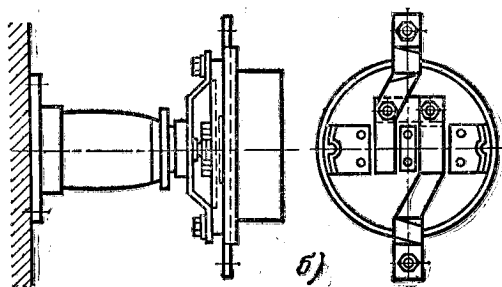
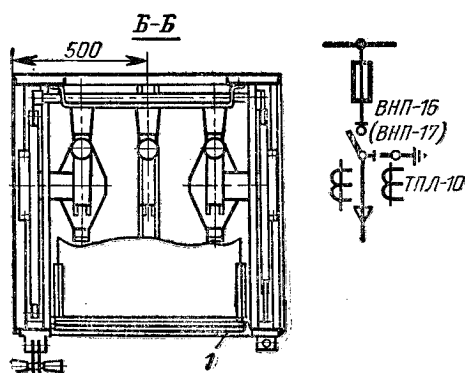
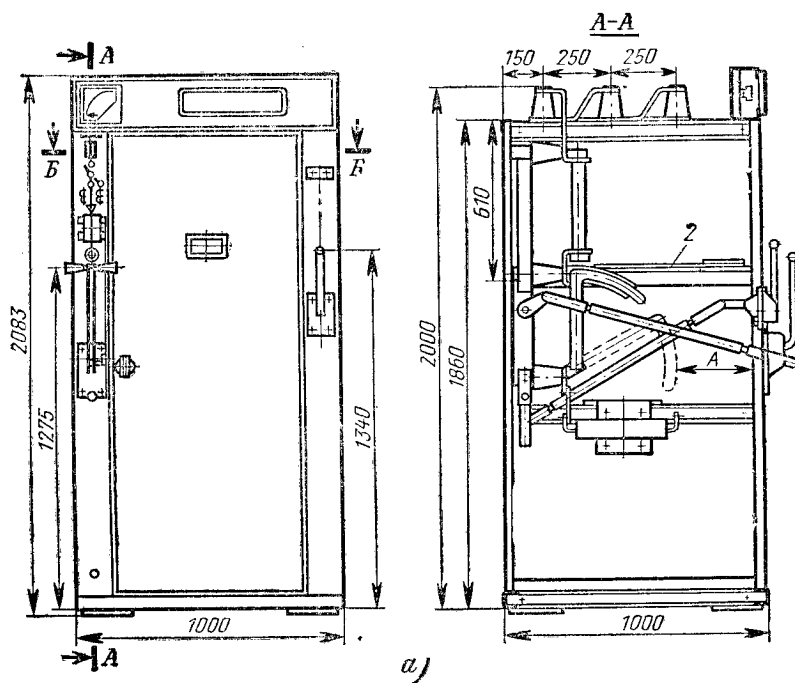


Рис 31-2. Стационарные камеры серии КСО-366.

*a* — план и размеры камеры; *б* — армировка амперметра для включения в рассечку шин; *1* — защитный экран; *2* — подвижной щит.

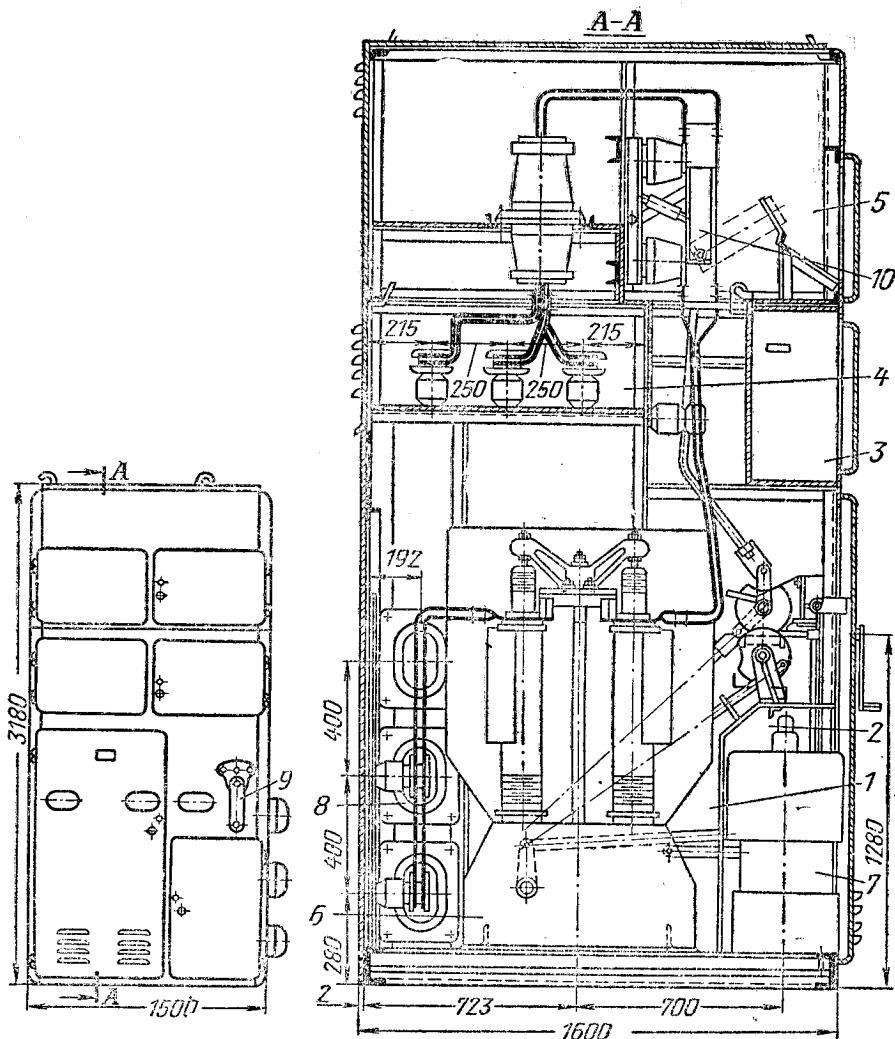


Рис. 31-3. Шкаф КРУ серии К-ХІ с выключателем типа МГГ-10.

1 — отсек выключателя; 2 — отсек привода к выключателю; 3 — отсек вторичной аппаратуры; 4 — отсек сборных шин; 5 — отсек шинного разъединителя; 6 — масляный выключатель; 7 — привод к выключателю; 8 — трансформаторы тока; 9 — привод к разъединителю; 10 — разъединитель.

Камера КСО-266 разделяется на три отсека. В верхнем отсеке камеры открыто размещены сборные шины и шинный разъединитель, в среднем отсеке — выключатель, в нижнем — линейный разъединитель, воронка и трансформаторы тока типа ТЗ. Выключатель отделен от шинного и линейного разъединителей перегородками с проходными изоляторами и проходными трансформаторами тока.

На фасаде камеры имеются верхняя и нижняя двери на всю ширину каркаса и средний приварной пояс, на котором размещены приводы выключателей и разъединителей. Вверху по всей ширине камеры про-

ходит световой карниз, являющийся одновременно табло с надписью о назначении камеры.

На верхней двери размещаются вся аппаратура вторичных цепей, а также коробки зажимов, закрытые специальной дверцей. Выход проводов вторичных цепей от коробки зажимов в кабельный канал выполняется гибким проводом через патрубок, являющийся осью вращения двери (ее петель).

Верхняя дверь камеры закрывается на замок с ключом и может быть открыта для обзора масляного выключателя без снятия напряжения, так как за ней имеется сет-

чатое ограждение, закрытое на ключ и сбро-  
кированное с приводами обоих разъедини-  
телей.

Внутри камер установлены лампы  
внутреннего освещения. Отходящие из камер  
силовые кабели выходят непосредствен-  
но наружу или в каналы, а при большем  
числе кабелей — в подвальное помещение.

Из шкафов КРУ серии К-ХI и КРУС  
комплекуются ячейки вводов и секциониро-  
вание на номинальные токи соответствен-  
но 2 100 и 1 700 А.

Шкафы серии К-ХI (рис. 31-3) расчи-  
таны для установки в распределительных  
устройствах, комплектуемых из шкафов  
КРУ серий К-IIIу и К-ХII (выкатного ис-

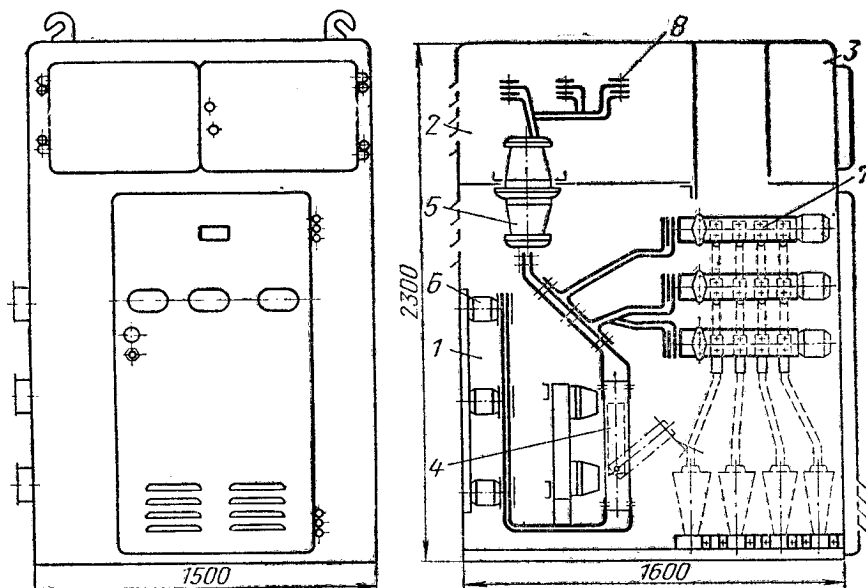


Рис. 31-4. Шкаф КРУ серии К-ХI с разъединителем типа РВК-10.

1 — отсек высоковольтной аппаратуры; 2 — отсек сборных шин; 3 — отсек вторичной аппаратуры; 4 — разъединитель; 5 — проходной изолятор; 6 — опорный изолятор; 7 — кабельная сборка; 8 — сборные шины.

В камере КСО-266 предусмотрена система блокировок, исключающая возможность проникновения в камеры при наличии в них напряжения.

Так, например, в камере масляного выключателя с кабельным вводом или отходящей линией предусмотрены следующие блокировки:

- при включенном МВ нельзя отключить ни шинные, ни линейные разъединители;
- при включенном шинном или линейном разъединителе нельзя открыть сетчатую дверь;
- при открытой сетчатой двери нельзя включить ни шинный, ни линейный разъединитель;
- при включенном шинном разъединителе нельзя открыть дверь кабельного отсека;
- при открытой двери кабельного отсека нельзя включить шинный разъединитель;
- для фазировки необходимо открыть люк (на болтах);
- заземляющие ножи нельзя включить при включенном линейном разъединителе;
- линейный разъединитель нельзя включить при включенных заземляющих ножах

полнения); причем со шкафами серии К-ХII они стыкуются при помощи специальных переходных коробов шириной 450 мм, а со шкафами серии К-IIIу — непосредственно.

Шкафы серии КРУС (рис. 31-4) рассчитаны для установки вместе со шкафами серии КР10-У4. Ввод или секционирование в обеих сериях осуществляется при помощи двух шкафов. В одном из них (рис. 31-5) устанавливаются выключатель и разъединитель, а в другом (рис. 31-6) — только разъединитель. В шкафах серии К-ХI выполнены блокировки, запрещающие операции с разъединителями при включенном выключателе, включение разъединителей при открытой двери в отсек выключателя и открывание этой двери при включенных разъединителях. В шкафах серии КРУС выполнены аналогичные блокировки с той только разницей, что вместо наружной двери блокируется сетчатое ограждение выключателя, находящееся за этой дверью.

Из шкафов КРУ серии К-ХХII комплектуются ячейки вводов и секционирования к шкафам распределительных устройств серии К-Х на высокие электрические па-

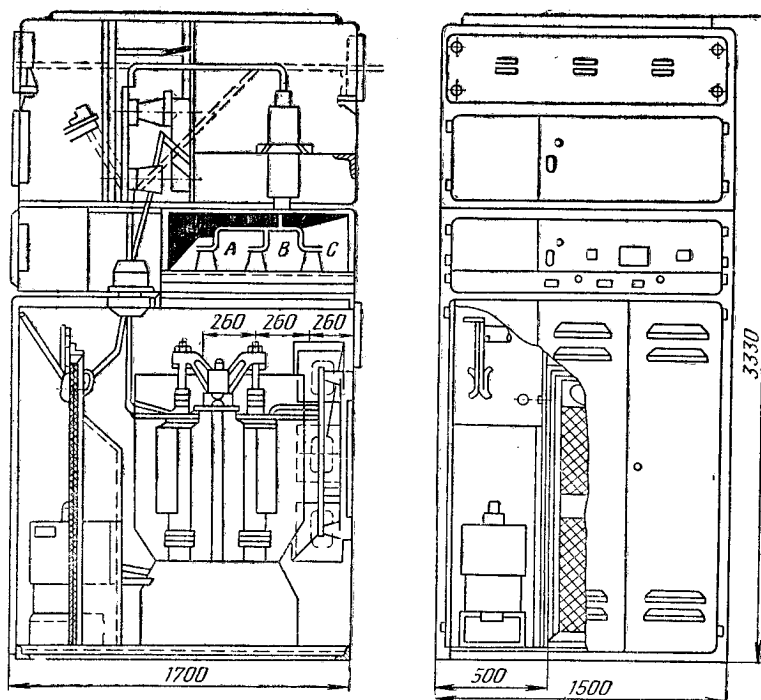


Рис. 31-5. Шкаф КРУ серии КРУС с выключателем типа МГГ-10.

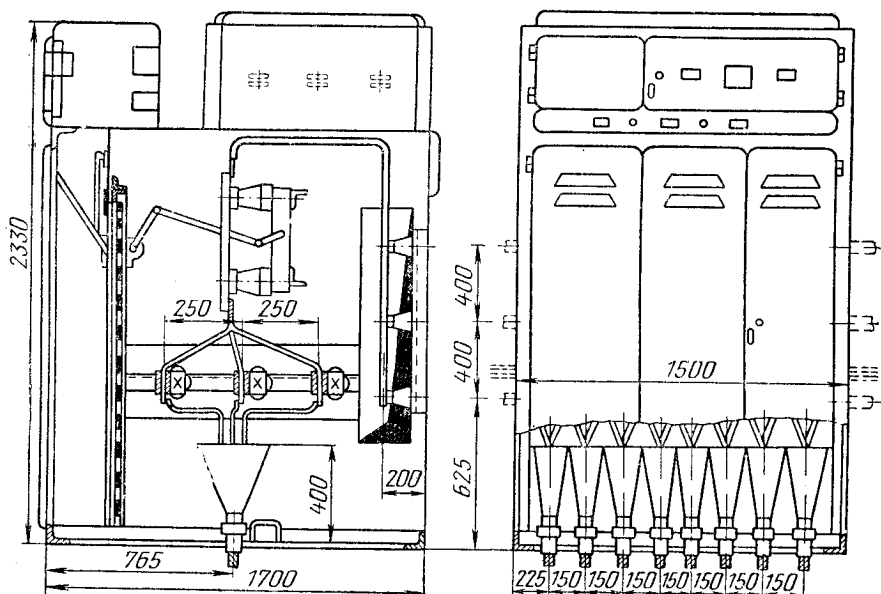


Рис. 31-6. Шкаф КРУ серии КРУС с разъединителем типа РБК-10.

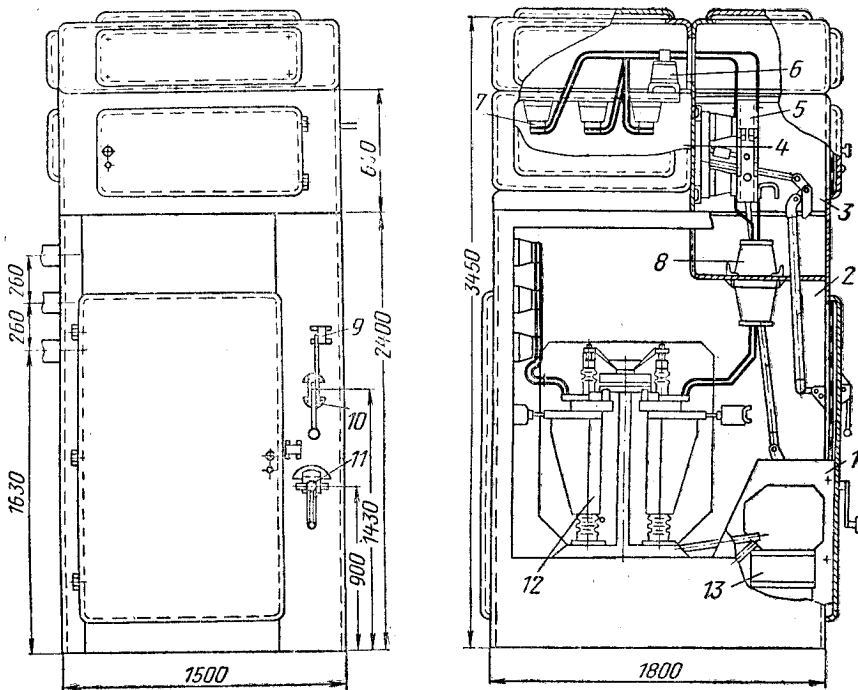


Рис. 31-7. Шкаф КРУ серии К-XXII с выключателем типа МГГ-10/750.

1 — отсек привода; 2 — отсек выключателя; 3 — отсек разъединителя; 4 — отсек сборных шин; 5 — разъединитель; 6 — опорный изолятор; 7 — сборные шины; 8 — трансформатор тока; 9 — сигнальные контакты; 10 — привод заземляющего разъединителя; 11 — привод разъединителя; 12 — выключатель; 13 — привод к выключателю.

раметры (динамическая устойчивость 100 кА, термическая устойчивость 40 кА).

Аппаратура ввода или секционирования размещается в двух шкафах (рис. 31-7).

Шкаф с выключателем состоит из двух частей: шкаф выключателя и блок разъединителя. В шкафу устанавливаются выключатель с приводом, проходные и опорные изоляторы. С целью защиты персонала от частей, находящихся под высоким напряжением, шкаф защищен сетчатой дверью, которая снабжена электрической блокировкой, запрещающей открывание двери при включенном положении разъединителей. Привод выключателя отделен от выключателя съемным кожухом. В блоке разъединителя установлены разъединитель типа РВК-10 и заземляющий разъединитель. Блок разъединителя защищен с фасада сетчатой дверью.

Отсек сборных шин съемный, устанавливается над шкафами. Концы отсека ложатся на шкафы КРУ серии К-Х. Над отсеком сборных шин устанавливается короб, защищающий отпайки, идущие от разъединителей шкафа к сборным шинам. Шкафы оборудованы следующими механическими и электрическими блокировками:

при отключенных разъединителях нельзя включить выключатель;

при включенных разъединителях нельзя открыть сетчатую дверь;

при включенных разъединителях нельзя включить ножи заземления;

при включенном выключателе, открытых сетчатых дверях и при включенных ножах заземлителя нельзя включить или отключить главные разъединители.

#### б. Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения

Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения изготавливаются следующих серий: К-IIIу; К-VIII; КРУ2-10Э; КРУ2-10П и К-XII.

До 1967 г. изготовлялись КРУ серии КР10-У4. Обозначение различных серий распределительных устройств составляется следующим образом: КР — КРУ, У — универсальная, 4 — производственная серия; КРУ — комплектное распределительное устройство, 2 — индекс исполнения, 10 — наибольшее номинальное напряжение, на которое изготавливаются КРУ, кВ, П — пружинный привод, Э — электромагнитный привод; К — КРУ, IIIу, VIII, XII — производственная серия.

Основные технические данные, параметры, размеры и назначение приведены в табл. 31-2.



Таблица 31-2

## Основные технические данные КРУ внутренней установки выкатного исполнения

Показатели		Серии КРУ					
		КР10-У4	К-IIIу	К-VIII	КРУ2-10Э	КРУ2-10П	К-ХII
Номинальное напряжение, кВ		До 10	До 10	До 10	До 10	До 10	До 10
Номинальный ток, А		400	400	—	600	600	600
		600	600	1 400	1 000	1 000	1 000
		900	900	—	1 500	1 500	1 500
Отключающая мощность, МВ·А		350	350	350	350	350	350
		52	52	52	52	52	52
Предельный сквозной ток короткого замыкания, кА		14	14	14	14	14	14
Ток термической устойчивости для промежутка времени 10 с, кА		14	14	14	14	14	14
Тип выключателя		ВМГ-133-II	ВМП-10К	ВМП-10К	ВМП-10К	ВМП-10К	ВМП-10К
Тип привода с оперативным током	постоянным	ПС-10М	ПЭ-11	ПЭ-11	ПЭ-11	—	ПЭ-11
	переменным	ПП-61	ПП-61	ПП-61	—	ППМ-10	ПП-61
Трансформаторы тока		ТПЛ ТПОЛ	ТПЛ ТВЛМ ТПОЛ	ТПОЛ ТВЛМ	ТПЛ ТПОЛ	ТПЛ ТПОЛ	ТВЛМ
Сечение сборных шин, мм		A100×10 или A2(100×10)					
Система сборных шин		Одинарная					
Виды электрических присоединений		Вводы					
		Отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники			Отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники		
		Трансформаторы собственных нужд			Трансформаторы собственных нужд		
Количество шкафов для размещения одного присоединения, шт.		1*	1*	2	1*	1*	1**
Максимальное количество и сечение силовых кабелей, мм <sup>2</sup>		3(3×240)	3(3×240)	6(3×240)	4(3×240)	4(3×240)	6(3×240)
Исполнение по условиям обслуживания		Двустороннее	Одностороннее		Двустороннее		Одностороннее
Размеры, мм:	ширина	1 000	1 000	1 000	900	900	900
	глубина	1 700	1 500	1 500	1 660	1 660	1 600
	высота	2 330	2 130	2 130	2 400	2 400	2 400
Завод-изготовитель		КЭЦ	МЭЦ	МЭЦ	ЗТЗ ХЗТП	ЗТЗ ХЗТП	МЭЦ

\* Вводы или отходящие линии с количеством кабелей более трех (для КР10-У4 и К-IIIу) и более четырех (для КРУ2-10) и секционирование выпол-

няются в двух шкафах.

\*\* Секционирование может быть выполнено в одном или двух шкафах.

Шкафы КРУ серии К-IIIу состоят из двух основных элементов: корпуса и тележки. На рис. 31-8 приведен общий вид шкафа с выключателем типа ВМП-10к и приводом типа ПЭ-11. Корпус шкафа (рис. 31-9) представляет собой сварную конструкцию, выполненную в основном из листовой стали толщиной 3 мм.

Корпус шкафа разделен металлическими перегородками на четыре отсека: отсек тележки 1, сборных шин 2, кабельного ввода 3 и приборный отсек 4. Отсек тележки

предназначен для размещения в нем основной аппаратуры первичных цепей (выключателя с приводом, трансформатора напряжения, разрядников и т. д.). По боковой левой стенке данного отсека прокладываются контрольные кабели. Проемы 5 предназначены для прохода подвижных первичных разъединяющих контактов, которые при выкатывании тележки в ремонтное положение закрываются падающими шторками 21. В этом же отсеке установлен привод заземляющих разъединителей 6. В отсеке

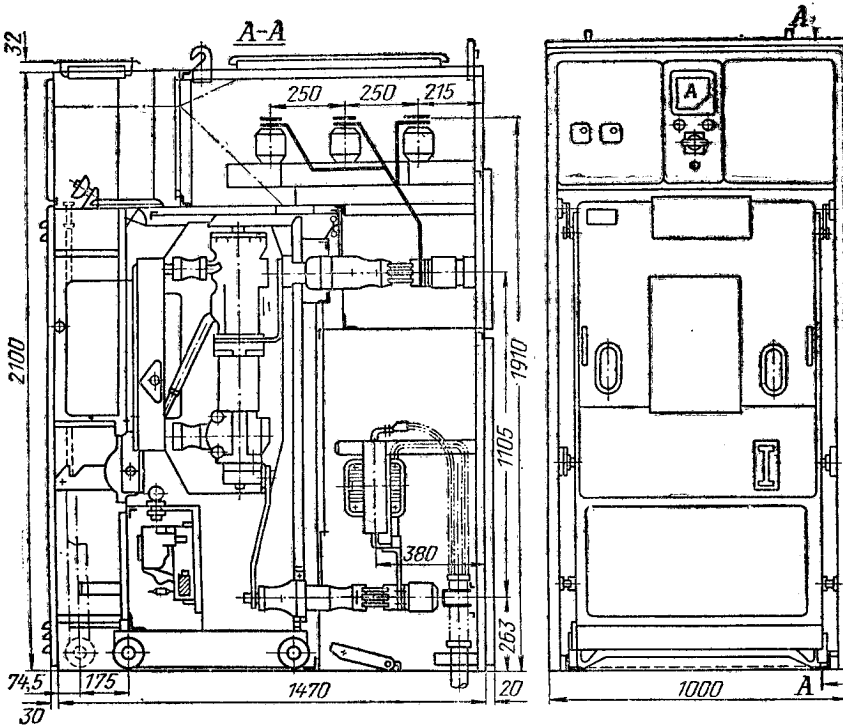


Рис. 31-8. Шкаф КРУ серии К-IIIу с выключателем типа ВМП-10К и приводом типа ПЭ-11.

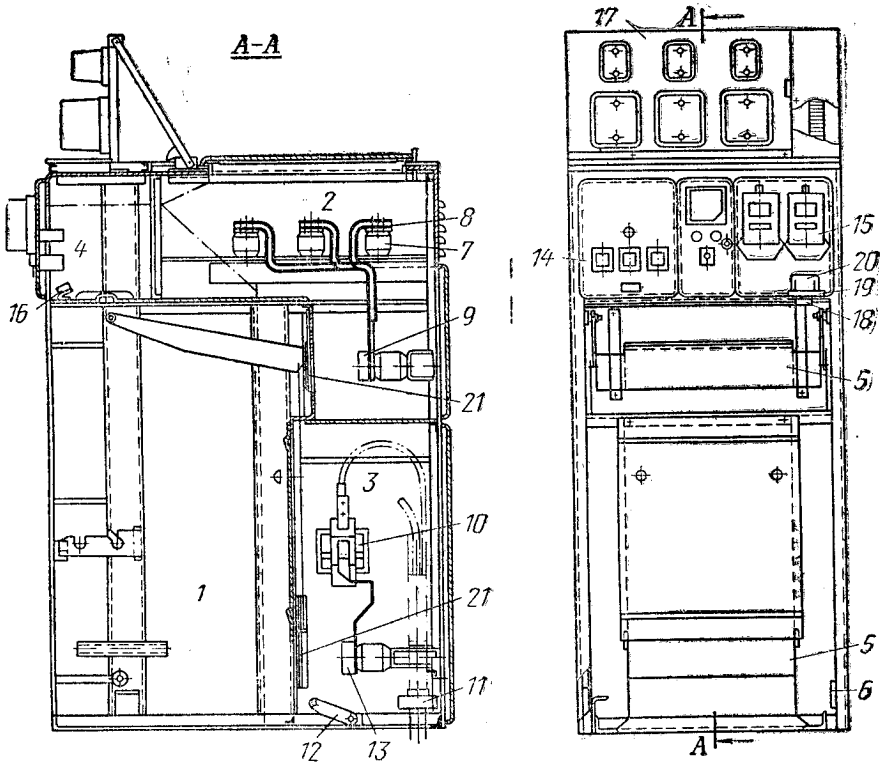


Рис. 31-9. Корпус шкафа КРУ серии К-IIIу.

сборных шин установлены опорные изоляторы 7, поддерживающие сборные шины 8 и шинные неподвижные первичные разъединяющие контакты 9.

В кабельном отсеке предусматривается расположение концевых кабельных разделок, установка измерительных трансформаторов тока 10 и трансформаторов защиты от замыканий на землю 11. В этом же отсеке расположены ножи заземляющего разъединителя 12 и линейные неподвижные первичные разъединяющие контакты 13.

Для размещения релейной аппаратуры и элементов вторичных цепей в шкафу КРУ предусмотрен приборный отсек, расположенный в верхней части, со стороны фасада шкафа КРУ. Все реле, за исключением указательных, а также аппаратура ввода питания и секционирования вторичных шин располагаются на задней стенке приборного отсека. Реле применяются с передним присоединением монтажа.

Указательные реле применяются уплотненного исполнения с задним присоединением и устанавливаются на дверцах 14 (левой и правой) приборного отсека, на дверцах же устанавливаются ключи управления, переключатели блокировок, переключающие устройства защиты и автоматики, лампы сигнализации и положения масляного выключателя, а также измерительные приборы (амперметр, вольтметр) и счётчики электроэнергии 15.

Шинки вторичных цепей в количестве до 24 прокладываются над потолком релейного отсека и подсоединяются к блокам отпаек, устанавливаемым на левой стенке отсека; сверху шинки закрываются металлическим листом.

Ряды зажимов вторичных цепей располагаются на дне приборного отсека 4. На задней стенке релейного отсека возможна установка десяти реле в два ряда по 5 шт. Схема с количеством реле более 12 (в габаритах ЭТ-500) размещается частично на съёмной дополнительной релейной панели открытого исполнения 17, устанавливаемой на крыше корпуса шкафа КРУ.

Штепсельный разъём служит для соединения цепей вторичных соединений, размещаемых в корпусе шкафа КРУ и на тележке. Наладка штепсельного разъёма 18 устанавливается в плоскости дна приборного отсека, на кронштейне 19 и закрывается пластмассовым колпаком 20.

Тележка с выключателем представляет собой металлический корпус, перемещающийся на четырех катках. На тележке устанавливается выключатель с приводом, подвижные части первичных разъединяющих контактов, вставка штепсельного разъёма с гибким металлическим рукавом.

На фасадной стороне тележки имеются два смотровых окна для наблюдения за уровнем масла в выключателе и патрон с лампой для освещения внутренней части тележки.

Тележка может занимать в корпусе шкафа два фиксированных положения:

1) рабочее положение (соответствующее рабочему режиму), когда первичные и вторичные цепи замкнуты;

2) испытательное положение, при котором первичные цепи разомкнуты, а вторичные могут оставаться замкнутыми. Испытательное положение тележки соответствует отключенному положению разъединителей в устройствах обычного типа. В испытательном положении тележки может быть опробовано действие цепей защиты, управления и сигнализации.

Для производства ревизий и ремонта работ тележка должна быть полностью выдвинута из шкафа (в ремонтное положение). Для уменьшения усилий оператора при перемещении тележки из испытательного положения в рабочее и обратно, а также для выполнения ряда необходимых блокировок предусмотрен механизм доводки и блокировки. Для заземления тележки на ней установлены два скользящих пружинящих контакта. Для подъема защитных шторок корпуса на тележке установлены два ролика; на фасаде тележки имеются ручки для ручного передвижения её. Механизм доводки предназначен для уменьшения усилий, возникающих при перемещении тележки в период включения или отключения первичных разъединяющих контактов, а также для закрепления (фиксирования) тележки в рабочем или в испытательном положении.

Механизмы блокировок предназначены для предотвращения ошибочных действий оперативного персонала при производстве переключений схем первичных соединений. Блокировка выполнена таким образом, что передвижение тележки в пределах шкафов КРУ при включенном выключателе невозможно.

На рис. 31-10 показан пример блокировки для тележек с приводом типа ПЭ-11 и выключателем типа ВМП-10К. Блокировка осуществляется при помощи скобы 2, связанной тягой 3 с валом механизма доводки 1 и нониусного сектора 4, закрепленного на валу 5 привода выключателя.

Вал 5 связан с валом 6 выключателя при помощи рычагов 7 и 8 тяги 9.

При включенном выключателе скоба и нониусный сектор занимают положение, указанное на рис. 31-11, при этом вал 1 механизма доводки находится в одном из фиксированных положений. Для расфиксирования вала его необходимо повернуть.

Шкафы КРУ серии К-VIII предназначены для выполнения секционирования сборных шин, а также осуществления кабельных или шинных вводов в КРУ, выполняемых при помощи шкафов КРУ серии К-III. В конструктивном отношении они ничем не отличаются от шкафов КРУ серии К-III, за исключением специальной более усиленной по току конструкции разъединя-

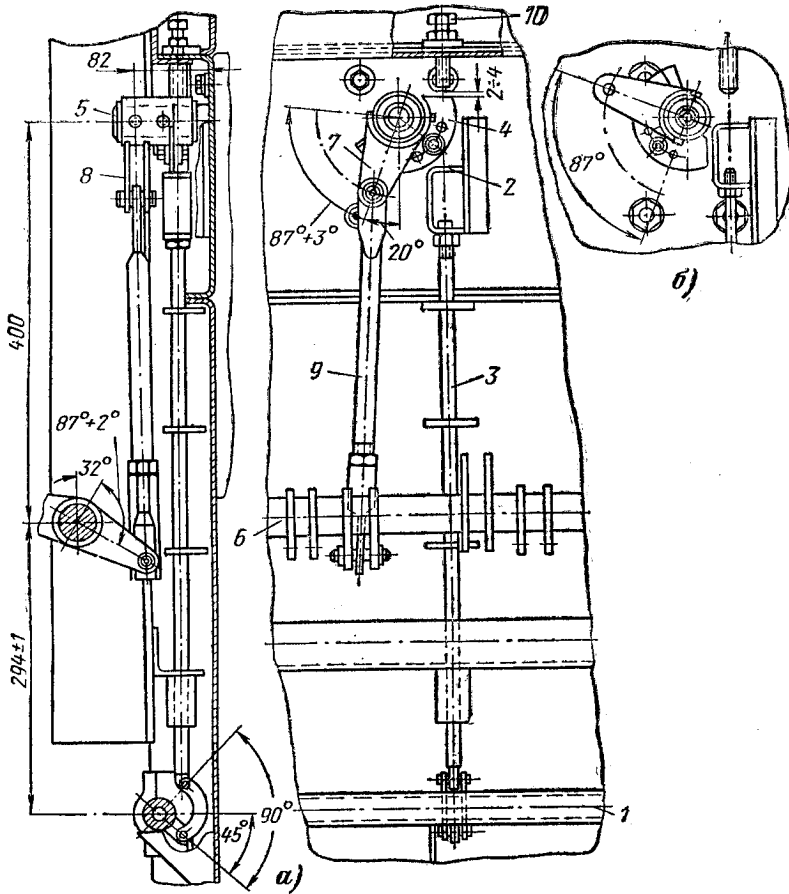


Рис. 31-10. Блокировка выключателя типа ВМП-10К и привода типа ПЭ-11 в КРУ серии К-IIIу и К-VIII.

*а* — выключатель включен, вал доводки в зафиксированном положении; *б* — выключатель отключен, вал доводки в расфиксированном положении.

ющих контактов первичной цепи и более тяжелой ошиновки. Секционирование или ввод в данной серии осуществляется при помощи двух шкафов: шкафа с выключателем и шкафа с тележкой-разъединителем или шкафа кабельной сборки.

Шкафы КРУ серий КРУ2-10Э и КРУ2-10П имеют тот же принцип построения конструкции. Общие технические данные приведены в табл. 31-2. КРУ2-10Э изготавливаются с приводами на постоянном оперативном токе. КРУ2-10П — с приводами на переменном оперативном токе.

К числу основных отличий КРУ данной серии от КРУ серий К-IIIу и К-VIII относятся следующие:

1. Разница по размерам.
2. Разница в величине номинального тока шкафа.
3. Отсек сборных шин отделен перегородкой от отсека верхнего шинного разъединяющего первичного контакта. Связь

сборных шин с данным разъединяющим первичным контактом осуществляется шинами через проходные изоляторы. За счёт наличия перегородки, отделяющей отсек сборных шин, образуется самостоятельный отсек верхнего шинного разъединяющего первичного контакта. Нет конструкций выкатных тележек, предусматривающих установку одновременно трансформаторов напряжения НТМИ и НОМ, трансформатора напряжения НТМИ и трех разрядников РВП, а также шкафа для размещения трех разрядников типа РВМ для защиты вращающихся машин от перенапряжений.

4. Связь вторичных цепей корпуса шкафа КРУ с цепями выкатной тележки осуществляется с помощью блока втычных контактов пальцеобразного типа на 26 цепей. Связь вторичных цепей осуществляется с помощью данных контактов только в рабочем положении выкатной тележки. Для осуществления связи вторичных цепей в

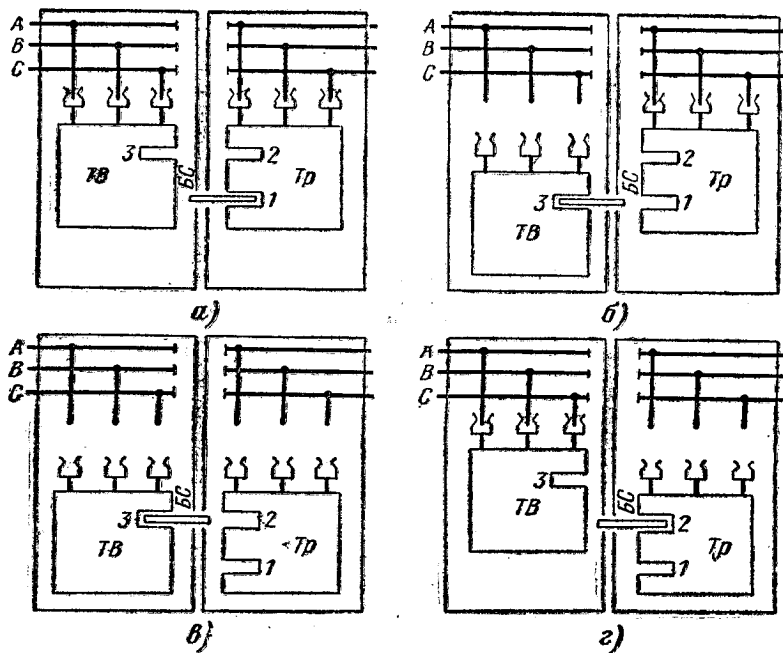


Рис. 31-11. Блокировка между шкафами КРУ с выключателем и разъединителем.

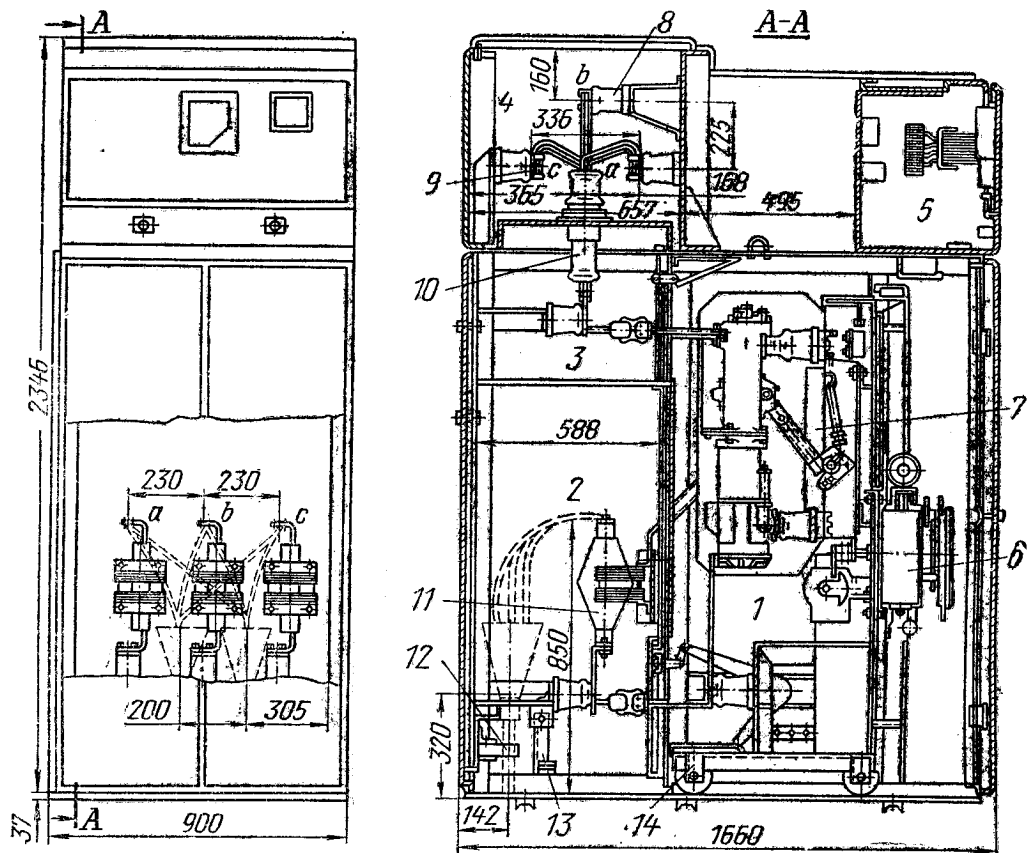


Рис. 31-12. Шкаф КРУ серии КРУ2-10П с выключателем типа ВМП-10К и приводом типа ППМ-10.

1 — отсек выкатной тележки; 2 — отсек трансформаторов тока и кабельной разделки; 3 — отсек первичного шинного разъединяющего контакта; 4 — отсек сборных шин; 5 — отсек вторичной аппаратуры; 6 — привод к выключателю; 7 — выключатель масляный; 8 — опорный изолятор; 9 — сборные шины; 10 — проходной изолятор; 11 — трансформатор тока; 12 — трансформатор земляной защиты; 13 — заземляющий разъединитель; 14 — выкатная тележка.

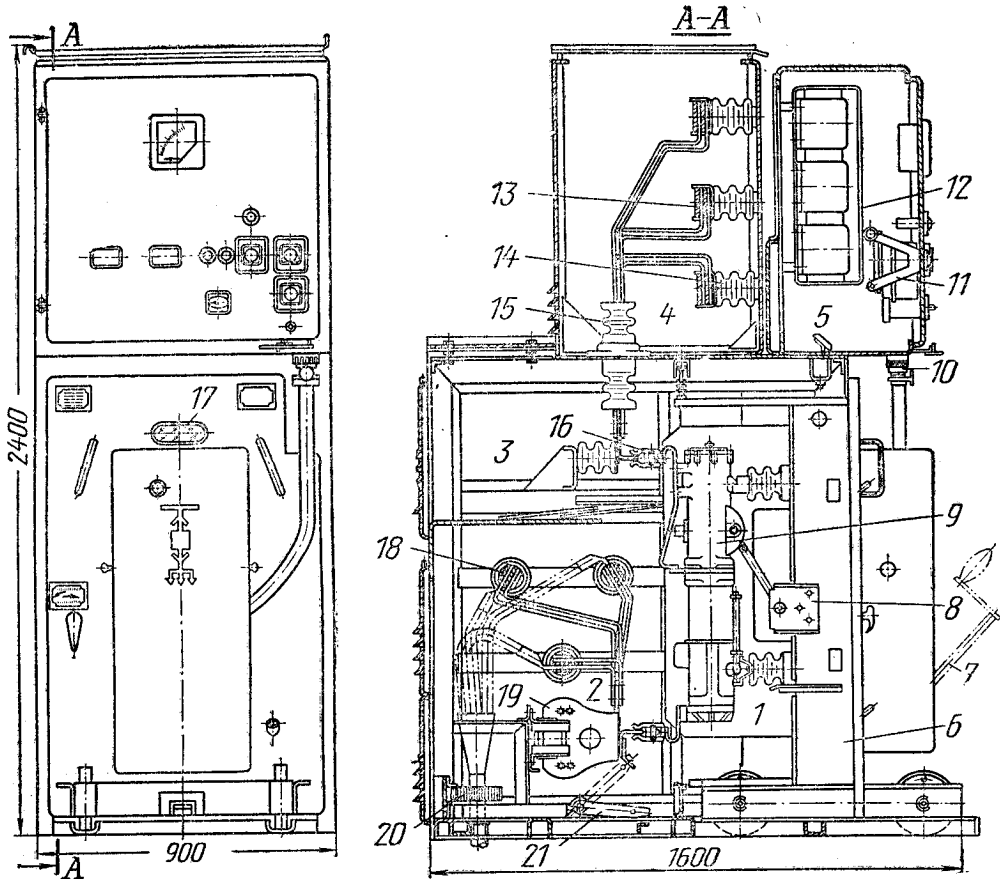


Рис. 31-13. Шкаф КРУ серии К-ХІІ с выключателем типа ВМП-10К и приводом типа ПЭ-11.

1 — отсек выкатной тележки; 2 — отсек трансформаторов тока и кабельной сборки; 3 — отсек первичного шинного разводящего контакта; 4 — блок сборных шин; 5 — блок вторичной аппаратуры; 6 — выкатная тележка; 7 — рукоятка перемещения тележки; 8 — фиксатор положения тележки; 9 — выключатель масляный; 10 — штепсельный разъем; 11 — поворотная рамка для установки счетчика; 12 — блок релейной защиты; 13 — сборные шины; 14 — опорный изолятор; 15 — проходной изолятор; 16 — первичный (шинный) разводящий контакт; 17 — смотровое окно; 18 — фаза кабельной сборки; 19 — трансформатор тока; 20 — трансформатор земляной защиты; 21 — заземляющий разединитель.

испытательном положении необходимо выкатить тележку в ремонтное положение и установить дополнительный (прилагаемый в комплект) переносной промежуточный удлинитель связи.

5. Вкатывание тележки из ремонтного в испытательное положение осуществляется также с помощью ручек, укрепленных на передней стенке тележки, а выкатывание тележки из испытательного положения в рабочее и обратно — при помощи червячного редукторного механизма, установленного на фасаде тележки.

Общий вид шкафа КРУ с выключателем типа ВМП-10К с приводом ППМ-10 приведен на рис. 31-12.

Шкафы КРУновой серии К-ХІІ состоят из отдельных блоков: корпуса шкафа, выкатной тележки, блока сборных шин

и съёмного шкафа аппаратуры вторичных цепей. Общий вид шкафа КРУ серии К-ХІІ приведен на рис. 31-13. Шкафы КРУ серии К-ХІІ имеют одинаковые габариты и установочные размеры со шкафами КРУ серий КРУ2-10Э и КРУ2-10П. Шкафы КРУ серии К-ХІІ имеют ряд преимуществ по сравнению с КРУ, выпускаемыми в СССР на аналогичные технические данные:

1. Значительно шире сетка первичных и вторичных схем, удовлетворяющая энергетике всех отраслей народного хозяйства.

2. Блок сборных шин рассчитан на установку сборных шин коробчатого сечения на номинальные токи до 3 000 А.

3. Конструкция рассчитана на установку 36 аппаратов вторичных соединений (реле, счётчики, блинкера и ключи).

### 31-2. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ (КРУН)

Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) напряжением до 10 кВ предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц.

Шкафы КРУН рассчитаны для работы при температуре окружающей среды от минус 40 до плюс 35 °С на высоте не более 1 000 м над уровнем моря. Не предусматривается эксплуатация шкафов КРУН в атмосфере, содержащей большое количество токопроводящей пыли, химически активных газов и испарений.

Номинальные токи шкафов КРУН указаны при температуре окружающей среды до плюс 25 °С. При температуре окружающей среды выше плюс 25 °С максимальная токовая нагрузка шкафов должна быть снижена на 1,5% на каждый градус повышения температуры сверх плюс 25 °С.

Шкафы КРУН применяются для комплектования распределительных устройств подстанций энергосистем, а также в комплектных трансформаторных подстанциях напряжением 35/6—10 кВ, 110/6—10 кВ и 110/35/6—10 кВ.

Шкафы КРУН выполняются как со стационарной установкой всего оборудования внутри шкафа, так и с размещением части оборудования на выкатной тележке.

а) Комплектные распределительные устройства наружной установки стационарного исполнения.

Комплектные распределительные устройства стационарного исполнения изготавливаются следующих серий: К-VI; К-VII; КРН; СБРУ, РВНО.

Такое обозначение различных серий распределительных устройств составляется следующим образом: К—КРУ; VI и VII—производственная серия; КРН: КР—КРУ; Н—наружной установки, 6 или 10—номинальное напряжение 6 или 10 кВ; РВНО: Р—распределительная комплектная ячейка; В—высоковольтная; Н—наружной установки; О—одиночного исполнения; СБРУ: СБ—сборное; Р—распределительное; У—устройство; 6(10)—номинальное напряжение.

Основные технические данные, параметры, габариты, установочные размеры и назначение шкафов приведены в табл. 31-3. Шкафы КРУ указанных серий представляют собой металлические конструкции стационарного типа со встроенной в неё коммутационной аппаратурой, приборами измерения и защиты.

Шкафы КРУ серии К-VI (рис. 31-14) разделен сплошными металлическими перегородками на три отсека: отсек сборных

шин из шинного разъединителя 11; отсек высоковольтной аппаратуры 12 и отсек управления 13. Ввод в шкаф осуществляется через проходной изолятор 7.

В отсеке 11 установлены сборные шины, шинный разъединитель 4 и проходные изоляторы внутренней установки 6. Сборные шины располагаются на опорных изоляторах 8 класса Б.

Разделение внутренней части шкафа на отсеки сплошными металлическими перегородками позволяет производить ремонтные работы в отсеках 12 и 13 без снятия напряжения со сборных шин.

В отсеке высоковольтной аппаратуры размещаются выключатель 1, трансформаторы тока 5, линейный разъединитель 3 и привод выключателя 2 и разъединителя 9, а также откидной лист 10 с аппаратурой измерения, сигнализации и защиты, определяемой схемой вторичных цепей шкафа.

Привод разъединителей снабжен механической блокировкой с приводом масляного выключателя и с задней сетчатой дверью. Эти блокировки исключают неправильные действия с выключателем, а также доступ в отсек высоковольтной аппаратуры со стороны выключателя при включенных разъединителях и не дают возможности включать разъединители при открытой сетчатой двери. Соответствующие блокировки имеются в шкафах с трансформаторами напряжения и трансформаторами собственных нужд.

Шкафы КРУ серии К-VII (рис. 31-15) отличаются от КРУ серии К-VI своими размерами по ширине и техническими данными. В КРУ серии К-VII размещаются схемы вводов и секционирование с выключателем МГГ-10. Схема ввода размещается в одном шкафу, схема секционирования с выключателем ВМГ-133 до 1 000 А—в одном шкафу.

Конструктивно шкаф разделен на два отсека: отсек высоковольтной аппаратуры и отсек управления, в отсеке высоковольтной аппаратуры устанавливаются масляный выключатель, сборные шины, шинный и линейный разъединители, трансформаторы тока и проходные изоляторы наружной установки.

В отсеке управления размещены приводы разъединителей, привод выключателя и аппаратура вторичных цепей. Для обеспечения безопасности обслуживания выключателя, а также для предотвращения неправильных операций с разъединителями в шкафу выполнена блокировка, запрещающая отключение разъединителей при включенном масляном выключателе и открывание задней сетчатой двери при включенных разъединителях. Также запрещено включать разъединители при открытой сетчатой двери и при включенном масляном выключателе.

Шкафы КРУ наружной установки серии КРН-6 и КРН-10 от-

Таблица 31-3

## Основные технические данные КРУ наружной установки стационарного исполнения

Показатели	Серии КРУ наружной установки					
	К-VI	К-VII	КРН-6 или 10	КРН-6у или 10у	СБРУ	РВНО
Номинальное напряжение, кВ	6—10	6—10	6—10	6—10	6—10	6
Номинальный ток, А	До 1 000*	До 2 000*	До 400	До 400	До 2 000*	До 400
Отключающая мощность, МВ·А	350	350	50	100	До 350	100
Предельный сквозной ток к.з. (амплитуда), кА	52	52	25	25	50	25
Ток термической устойчивости для промежутка в 10 с, кА	12	12	6	6	До 12	6
Тип выключателя	ВМГ-133	МГГ-10	ВМГ-133; ВМБ-10; ВНП-6	ВМБ-10	МГГ-10; ВМГ-133; ВНП-17	ВМБ-10
Тип привода постоянного оперативного тока	ПС-10М	ПЭ-2	—	—	ПЭ-2 ПС-10М	—
Тип привода переменного оперативного тока	ПП-61	—	ППК-63 УПГП и ПГМ; ПРА-12	УНГП и ПГМ ПРА-12	ППМ-10; ПП-61 ПРБА; ПРА-17	ПРАМ-6
Система сборных шин	Одинарная**					
Сечение алюминиевых сборных шин, мм <sup>2</sup>	60×6; 100×10; 2(100×10)	100×10; 2(100×10)	*	*	2(80×10)	—
Количество шкафов для одного присоединения	1	Вводы—1 Секционирование 1 000 А-1 2 000 А-2	1	1	1	1
Максимальное количество и сечение силовых кабелей в шкафах, мм <sup>2</sup>	(3×150)	—	(3×70)	Один по номинальному току	Два по номинальному току	Один по номинальному току
Виды электрических присоединений	Вводы, секционирование, отходящие линии, электродвигатели, трансформаторы напряжения, разрядники, трансформаторы СН	Вводы, секционирование	Вводы, секционирование, отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники, трансформаторы собственных нужд	Вводы, секционирование, отходящие линии, трансформаторы напряжения, разрядники, трансформаторы СН	Вводы, секционирование, отходящие линии, электродвигатели, трансформаторы напряжения, разрядники, трансформаторы СН	Одиночная линия для управления высоковольтным двигателем
Габариты, мм:						
ширина	1 000	1 500	1 000	1 000	1 000; 1 200; 1 500(с МГГ)	920
глубина	1 600	1 600	1 200	1 200	1 630; 2 000 (с МГГ)	1 136
высота	3 100	3 100	2 700	2 700	2 620; 3 100 (с МГГ)	2 185
Разработано	МЭЩ	МЭЩ	ЗТЗ	БЭМЗ	ЛО Гидро-проект	БЭМЗ

\* Номинальные токи указаны при температуре окружающей среды +25 °С. При температуре выше 25 °С максимальная токовая нагрузка шка-

фов должна быть снижена на 1,5% на каждый градус выше температуры 25 °С.

\*\* Сборные шины рассчитаны на номинальный ток 200 А.



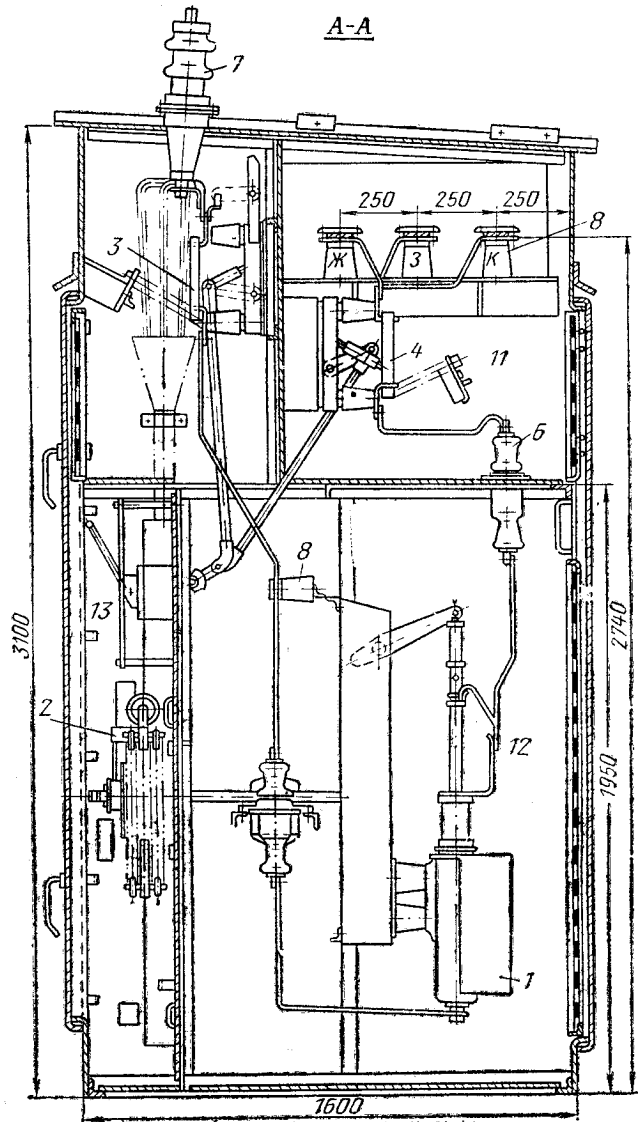


Рис. 31-14. Шкаф КРУ наружной установки серии К-VI с выключателем

личаются от КРУ серии К-VI и К-VII тем, что они разделены металлическими перегородками на два отсека: высоковольтной аппаратуры со сборными шинами и управления (шкафы КРУ завода МЭМЗ) и на три отсека: высоковольтной аппаратуры, сборных шин и управления (шкафы КРУ завода БЭМЗ).

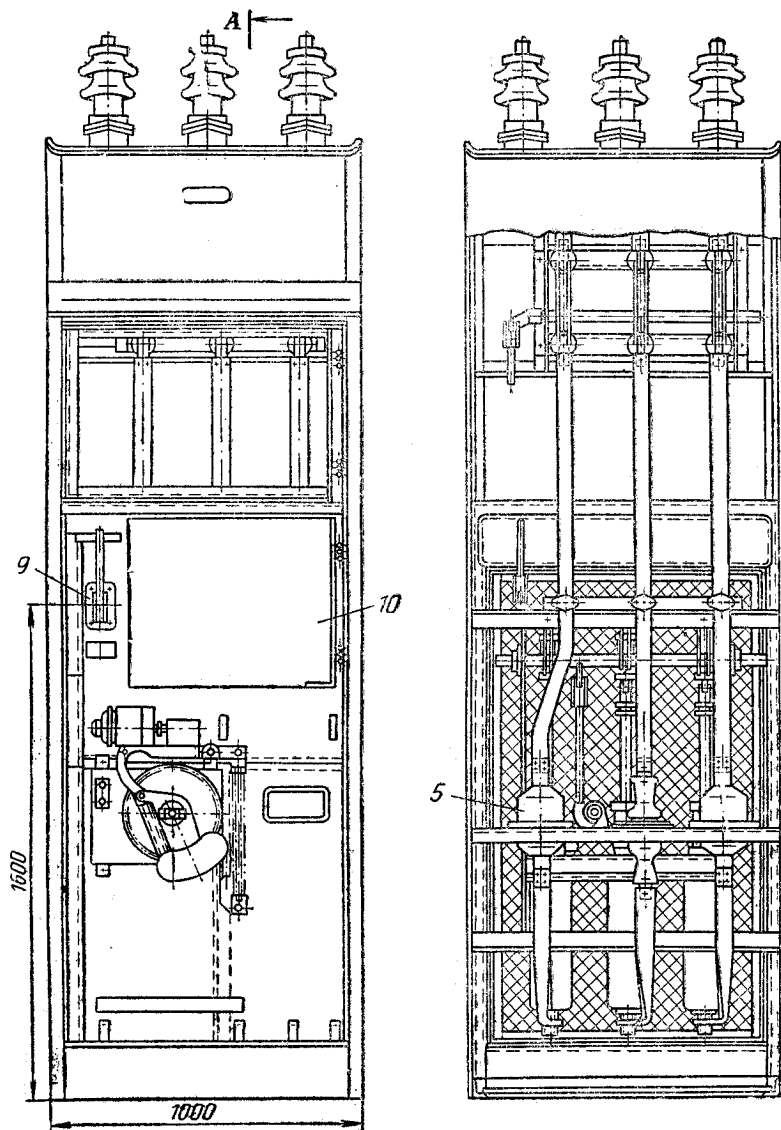
В шкафах КРУ завода МЭМЗ (рис. 31-16) основным коммутационным аппаратом является выключатель типа ВМГ-133, в шкафах КРУН завода БЭМЗ — выключатель типа ВМБ-10 и выключатель нагрузки типа ВМП-16.

Шкафы КРУ серии КРН-6 или КРН-10 имеют несколько меньший размер по глубине, но вместе с тем имеют ряд технических недостатков по сравнению с КРУ серии К-VI аналогичных параметров, а именно:

1) величина максимального номинального тока 400 А ограничивает область применения КРУ этой серии в сетях большой мощности;

2) отсутствуют схемы отходящих линий с кабельными вводами.

Распределительная комплектная высоковольтная ячейка



типа ВМГ-133 и приводом ПП-6Л.

наружной установки одиночного исполнения типа РВНО-6 (рис. 31-17) служит для осуществления индивидуального питания двигателей высоковольтного напряжения.

Ячейка разделена металлической перегородкой на два отсека: высоковольтной аппаратуры и управления. Ввод (или вывод) в ячейку РВНО-6 осуществляется кабелем В отсеке высоковольтной аппаратуры вместе с выключателем типа ВМБ-10 устанавливается трансформатор напряжения типа НОМ-6.

22—72

Шкафы КРУ наружной установки СБРУ (рис. 31-18 и рис. 31-19) по своей конструкции аналогичны шкафам серии К-VI и К-VII, но имеют ряд существенных отличий от них. Среди них можно отметить следующие:

- 1) блокировки в СБРУ выполнены при помощи электромеханических замков;
- 2) в шкафах устанавливаются нагревательные элементы для обогрева;
- 3) аппаратура секционирования с выключателем МГГ-10 на ток 2000 А размещается в одном шкафу.

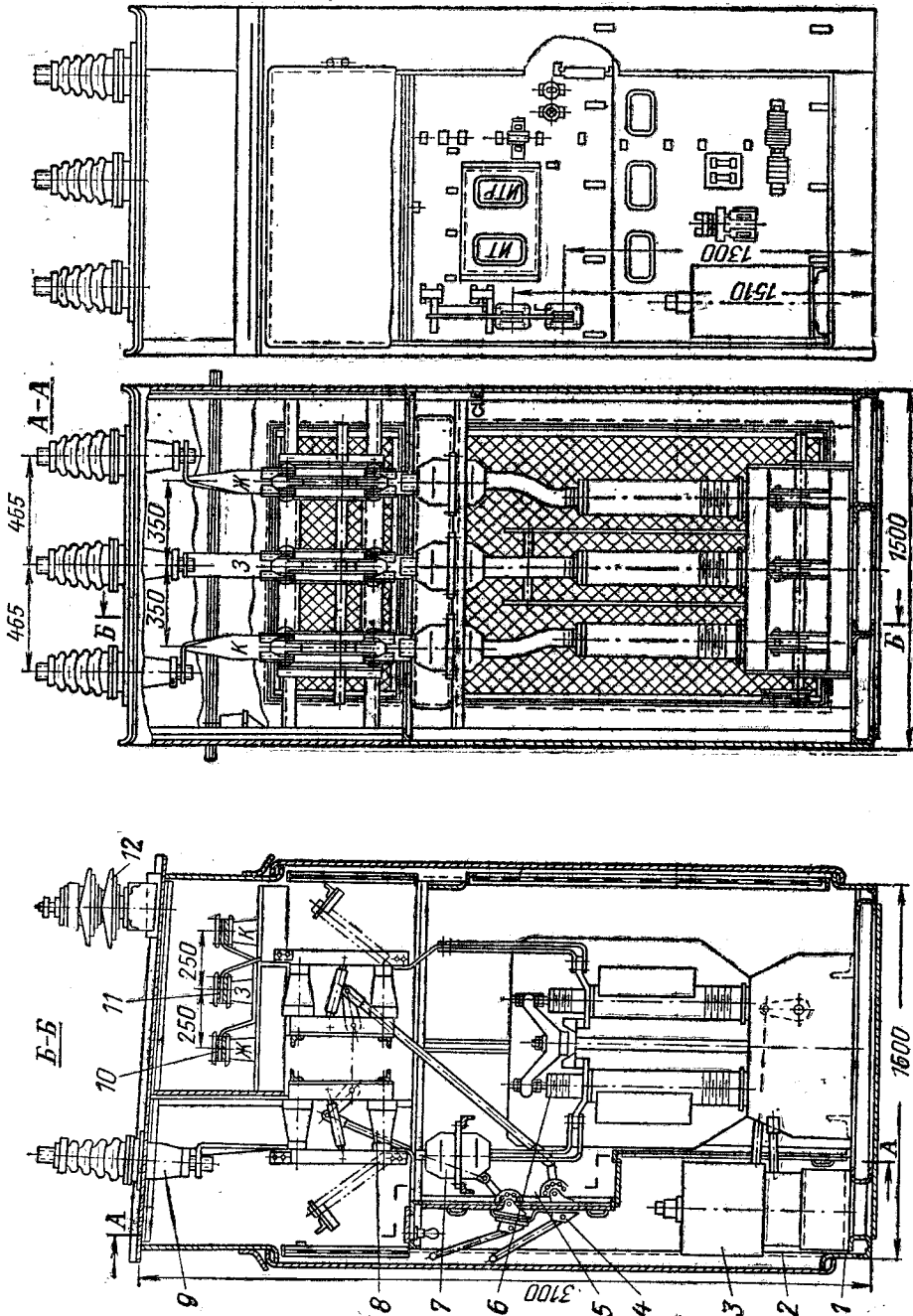


Рис. 31-15. Шкаф КРУ наружной установки серии К-VII.

1 — металлоконструкция шкафа; 2 — отсек управления; 3 — привод к выключателю типа ПЭ-2; 4 — привод к разъединителю типа ПР-1011/15; 5 — отсек высоковольтной аппаратуры; 6 — выключатель типа МТГ-10; 7 — трансформатор тока типа ТПШЛ-10; 8 — разъединитель; 9 — проходной изолятор наружной установки типа ПНВ-10/2000; 10 — опорный изолятор типа ИОКБ-10; 11 — сборные шины; 12 — опорный изолятор типа ОС-1.

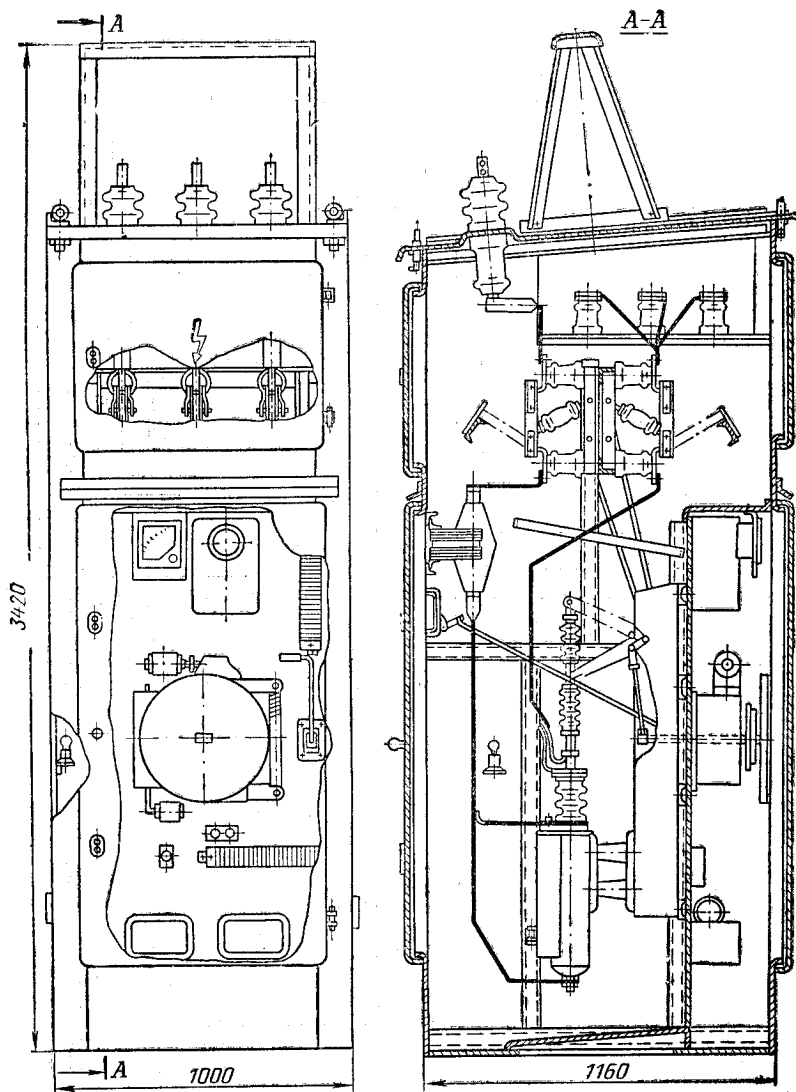


Рис. 31-16. Шкаф КРУ наружной установки серии КРН с выключателем типа ВМГ-133.

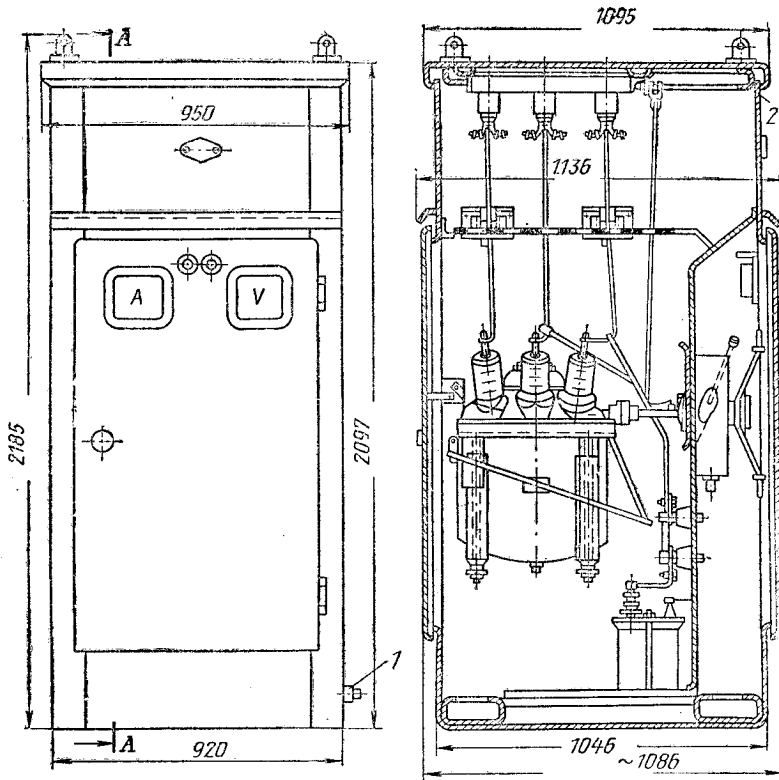


Рис. 31-17. Распределительная ячейка одиночного исполнения типа РВНО-6.  
1 — заземляющий болт; 2 — вентиляционные отверстия.

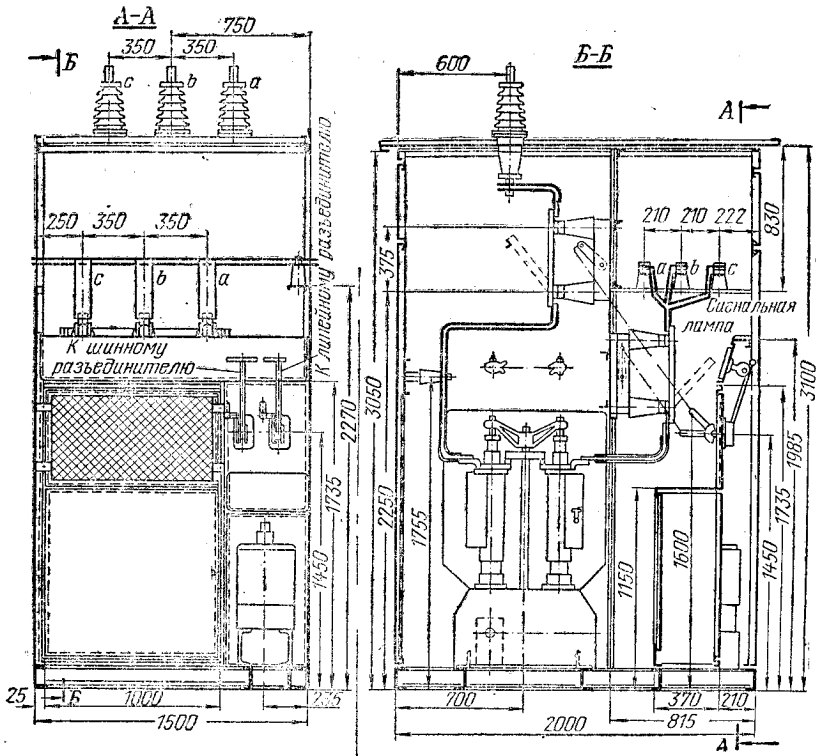


Рис. 31-18. Шкаф СБРУ с выключателем типа МГГ-10.

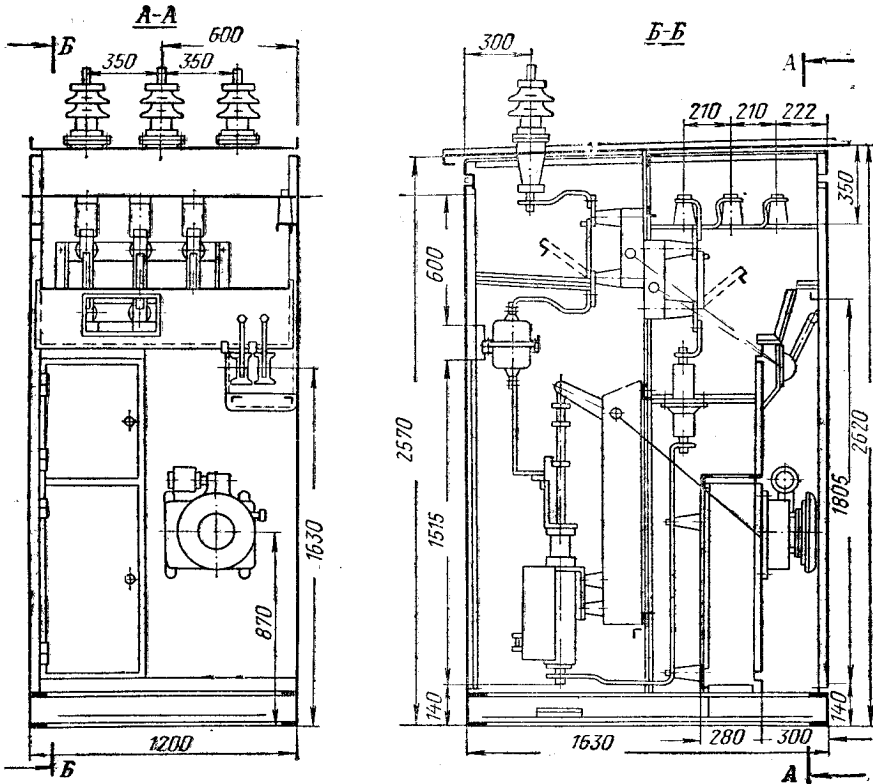


Рис. 31-19. Шкаф СБРУ с выключателем типа ВМГ-133.

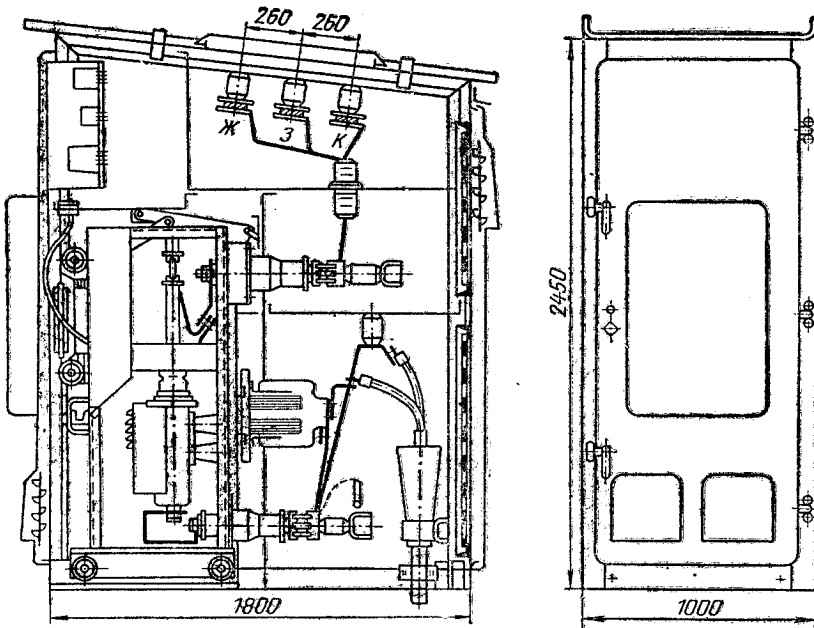


Рис. 31-20. КРУ наружной установки серии К-VIy с кабельным выводом.

Таблица 31-4

## Основные технические данные КРУ наружной установки выкатного исполнения

Показатели	Серии КРУ наружной установки	
	К-VI <sub>y</sub>	К-IX
Номинальное напряжение, кВ	6-10	10
Номинальный ток, А	600, 1000	1500
Отключающая мощность, МВ·А	350	350
Предельный сквозной ток короткого замыкания (амплитуда), кА	52	52
Ток термической устойчивости для прожектка в 10 с, кА	14	14
Тип выключателя	ВМГ-133; ВМП-10К ВМП-10П	ВМП-10К
Тип привода на оперативном токе	постоянном	ПЭ-11
	переменном	ПП-61, встроенный пружинный
Трансформаторы тока	ТВЛМ	ТВЛМ
Сечение сборных шин на токи, мм <sup>2</sup> :		
600 А	А60×6	—
1 000 А	А80×8	—
1 500 А	А2(80×8)	А2(80×8)
2 000 А	А2(100×10)	А2(100×10)
Система сборных шин	Одинарная	
Количество силовых кабелей сечением (3××240) в шкафах на:		
400 А	1—2	—
600 А	1—3	—
1 000 и 1 500 А	3	—
Виды электрических присоединений	Вводы, секционирование, отходящие линии, электродвигатели, трансформаторы напряжения, разрядники, трансформаторы собственных нужд	Вводы и секционирование
Количество шкафов для размещения одного присоединения	1	Ввод — 1, секционирования — 2
Размеры, мм:		
ширина	1 000	
глубина	1 800	
высота	2 450	
Масса шкафа, кг	1 000—1 200	
Разработано	МЭЩ	
Изготовитель	МЭЩ	

б) Комплектные распределительные устройства наружной установки выкатного исполнения

Комплектные распределительные устройства выкатного исполнения изготавливаются серий К-VI<sub>y</sub> и К-IX.

Основные технические данные, параметры, габариты, установочные размеры и назначение шкафа приведены в табл. 31-4.

Шкафы КРУ наружной установки серий К-VI<sub>y</sub> и К-IX, оборудованные выключателем, трансформатором напряжения и разъединяющими контактами, состоят из двух частей — корпуса и выкатной тележки.

Роль высоковольтных разъединителей у таких шкафов выполняют первичные разъединяющие контакты, передвижная часть которых находится на выкатной тележке, а неподвижная часть в корпусе шкафа. Тележка с масляным выключателем выполнена аналогично тележке, применяемой в шкафах КРУ серий К-III<sub>y</sub> и К-VIII внутренней установки.

Шкафы серии К-VI<sub>y</sub> рассчитаны как на кабельный (рис. 31-20), так и на воздушный ввод (рис. 31-21), серии К-IX — только на воздушный ввод.

Установка разрядников в шкафу разрядников и высоковольтных предохранителей в шкафу трансформатора собственных нужд предусмотрена на выдвижных блоках. Схема секционирования располагается в двух шкафах.

В первом шкафу размещается секционный выключатель, во втором — разъединяющие контакты, шкафы секционирования имеют механическую блокировку между собой. Конструктивно корпус шкафов вводов и отходящих линий разделен металлическими перегородками на пять отсеков: сборных шин, выкатной части, релейной, трансформаторов тока и кабельного или воздушного ввода, верхних неподвижных разъединяющих контактов.

С целью локализации аварии отсек сборных шин отделен от отсека тележки сплошным листом, в котором установлены проходные изоляторы. Отсек сборных

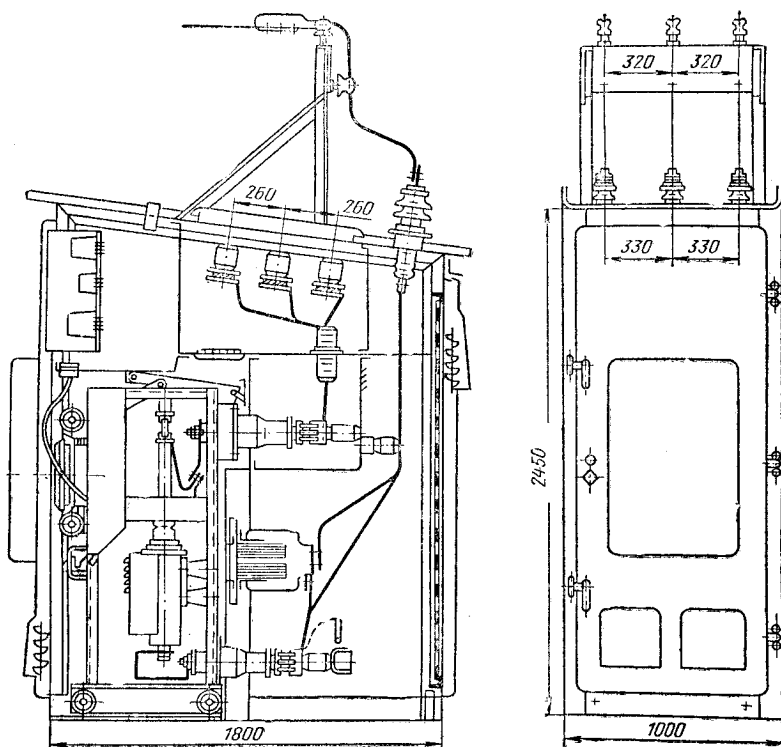


Рис. 31-21. КРУ наружной установки серии К-VIy с воздушным выводом.

шин полностью отделен от всех других отсеков.

В отсеке выкатной части размещается тележка с установленной аппаратурой. При выкатывании тележки из корпуса шкафа окна для прохода первичных разъединяющих контактов автоматически закрываются с помощью защитных шторок, что обеспечивает возможность работы в отсеке. В тележке выполнена блокировка, исключающая возможность включения выключателя в промежуточном положении, а также расфиксирование и выкатку тележки из рабочего и испытательного положения при включенном выключателе. Блокировка заземляющего разъединителя не позволяет включить его в рабочем положении тележки.

Вкатывание тележки в рабочее положение возможно только в отключенном положении заземляющего разъединителя.

Все схемы вторичных соединений на переменном оперативном токе выполнены применительно к комплектным трансформаторным подстанциям КТП-110/35/6—10 кВ и КТП-110/6—10 кВ без выключателей на стороне высшего напряжения.

Схемы вторичных соединений на постоянном оперативном токе выполнены для мощных подстанций со шитом управления.

Шкафы с масляными выключателями и с релейной аппаратурой оборудуются электронагревателями, устанавливаемыми на выкатной тележке и в релейном отсеке корпуса шкафа.

#### Список литературы

31-1. Дорошев К. И., Комплектные распределительные устройства напряжением 3—35 кВ. М., «Энергия», 1969.

31-2. Каталоги ЦБТИ НИИ электропромышленности, 1962—1971.

31-3. Правила устройства электроустановок, М., «Энергия», 1965.



## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ВТОРОЙ

## ЭЛЕМЕНТЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

## 32-1. ПРОВОДА И ТРОСЫ

Таблица 32-1

## Медные и алюминиевые провода (ГОСТ 839-59)

Марка провода	Длиительно допустимая нагрузка, А	Активное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом/км	Расчетный диаметр провода, мм	Расчетная масса, кг/км	Расчетный предел прочности при растяжении, кгс	Марка провода	Длиительно допустимая нагрузка, А	Активное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом/км	Расчетный диаметр провода, мм	Расчетная масса, кг/км	Расчетный предел прочности при растяжении, кгс
М-4	50	4,65	2,2	35	150	А-16	105	1,96	5,1	44	230
М-6	70	3,06	2,7	52	230	А-25	135	1,27	6,4	68	360
М-10	95	1,84	3,5	87	380	А-35	170	0,91	7,5	95	500
М-16	130	1,20	5,0	140	550	А-50	215	0,63	9,0	136	700
М-25	180	0,74	6,3	221	860	А-70	265	0,45	10,7	191	930
М-35	220	0,54	7,5	333	1 200	А-95	320	0,33	12,7	257	1 260
М-50	270	0,39	8,9	439	1 700	А-120	375	0,27	14,0	322	1 690
М-70	340	0,28	10,7	618	2 400	А-150	440	0,21	15,8	407	2 000
М-95	415	0,20	12,5	837	3 250	А-185	500	0,17	17,5	503	2 450
М-120	485	0,158	14,0	1 058	4 100	А-240	690	0,131	20,0	656	3 200
М-150	570	0,123	15,8	1 338	5 200	А-300	580	0,105	22,4	817	4 000
М-185	640	0,103	17,4	1 627	6 320	А-400	815	0,078	25,8	1 087	5 350
М-240	760	0,078	19,9	2 120	8 200	А-500	980	0,063	29,1	1 376	6 750
М-300	880	0,0625	22,1	2 608	10 100						
М-400	1050	0,0470	25,6	3 521	13 650						

Таблица 32-2

## Сталеалюминиевые провода (ГОСТ 839-59)

Марка провода	Длиительно допустимая токовая нагрузка, А	Активное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом/км	Расчетный диаметр, мм		Расчетная масса, кг/км	Расчетный предел прочности при растяжении, кгс	Марка провода	Длиительно допустимая токовая нагрузка, А	Активное электрическое сопротивление при 20 °С, Ом/км	Расчетный диаметр, мм		Расчетная масса, кг/км	Расчетный предел прочности при растяжении, кгс
			стального сердечника	всего провода						стального сердечника	всего провода		
<b>Сталеалюминиевые</b>							<b>Сталеалюминиевые усиленной конструкции</b>						
АС-10	80	3,14	1,2	4,4	36	280	АСУ-120	375	0,28	6,6	15,5	530	4 420
АС-16	105	1,96	1,8	5,4	62	450	АСУ-150	450	0,21	7,5	17,5	678	5 620
АС-25	130	1,27	2,2	6,6	92	670	АСУ-185	515	0,17	8,4	19,6	850	7 070
АС-35	175	0,91	2,8	8,4	150	1 080	АСУ-240	610	0,131	9,6	22,4	1 111	9 220
АС-50	210	0,63	3,2	9,6	196	1 410	АСУ-300	705	0,106	11,0	25,2	1 390	11 452
АС-70	265	0,45	3,8	11,4	275	1 980	АСУ-400	850	0,078	12,5	29,0	1 840	15 290
АС-95	330	0,33	4,5	13,5	386	2 780	<b>Сталеалюминиевые облегченной конструкции</b>						
АС-120	380	0,27	6,0	15,2	492	3 970	АСО-150	450	0,21	5,4	16,6	539	4 480
АС-150	445	0,21	6,6	17,0	617	5 060	АСО-185	505	0,17	6,0	18,4	687	5 480
АС-185	510	0,17	7,5	19,0	771	6 250	АСО-240	605	0,13	7,2	21,6	937	7 420
АС-240	610	0,131	8,4	21,6	997	8 150	АСО-300	690	0,108	7,8	23,5	1 098	8 860
АС-300	690	0,105	9,6	24,2	1 257	10 190	АСО-400	825	0,078	9,0	27,2	1 501	11 920
АС-400	835	0,078	11,0	28,0	1 560	13 550	АСО-500	945	0,065	10,0	30,2	1 836	14 630
							АСО-600	1050	0,055	11,0	33,1	2 206	17 560
							АСО-700	1220	0,445	12,5	37,1	2 756	21 750

Таблица 32-3

## Стальные провода и тросы

Марка провода или сечение троса, мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Теоретическая площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Масса 1 000 м провода, кг	Предел прочности при растяжении, кгс	Длительно допустимая токовая нагрузка, А	Марка провода, или сечение троса, мм <sup>2</sup>	Диаметр провода, мм	Теоретическая площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Масса 1 000 м провода, кг	Предел прочности при растяжении, кгс	Длиательно допустимая токовая нагрузка, А
<i>Стальные провода (ГОСТ 5890-51)</i>						<i>Стальные тросы (ГОСТ 3062-69 и 3063-66)</i>					
ПСО-3	3	7,1	56	390		35	7,8	37,17	318	4 100	—
ПСО-3,5	3,5	9,6	75	525		50	9	48,26	411	6 210	—
ПСО-4	4	12,6	99	690	60	70	11	72,20	615	7 790	—
ПСО-5	5	19,6	154	1 075	75	95	13	100,89	859	10 850	—
ПС-25	6,8	24,6	194,3	1 450	90	120	14	116,85	995	12 600	—
ПС-35	7,8	34,4	295,7	2 180	125						
ПС-50	9,2	49,8	396,0	2 950	135						
ПС-70	11,5	78,9	631,6	4 620							
ПС-95	12,6	94,0	754	5 920							

## 32-2. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

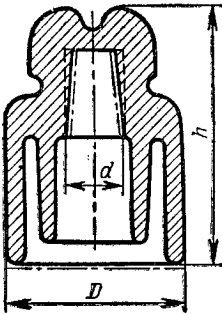


Рис. 32-1. Штыревой изолятор типа ПН.

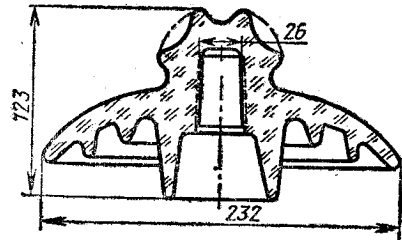


Рис. 32-2. Штыревой изолятор типа ШЖБ-10с.

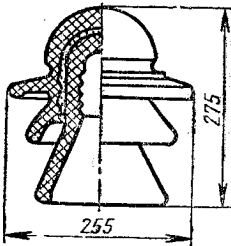


Рис. 32-3. Штыревой изолятор типа ШФ-35.

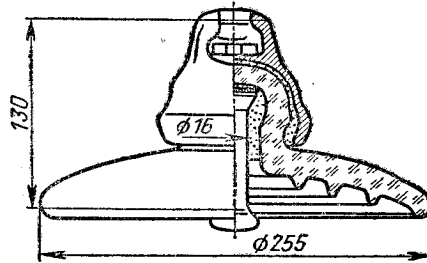


Рис. 32-4. Подвесной изолятор типа ПС-6А.

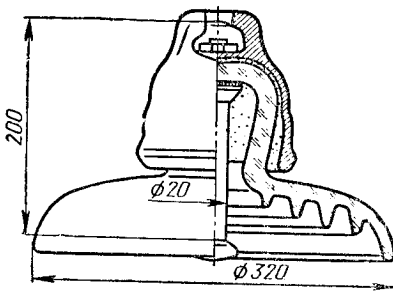


Рис. 32-5. Подвесной изолятор типа ПС-22.

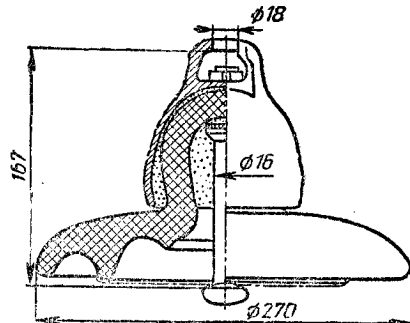


Рис. 32-6. Подвесной изолятор типа ПФ-6А.

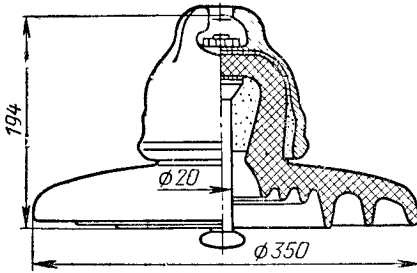


Рис. 32-7. Подвесной изолятор типа ПФ-20.

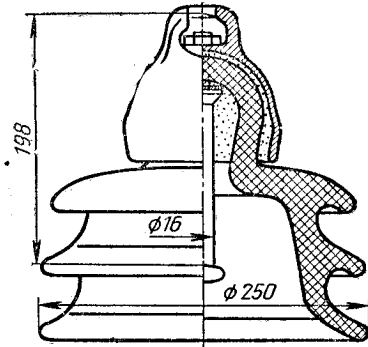


Рис. 32-8. Подвесной изолятор типа ПР-3,5.

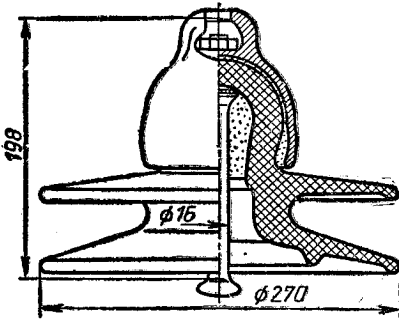


Рис. 32-9. Подвесной изолятор типа НС-2.

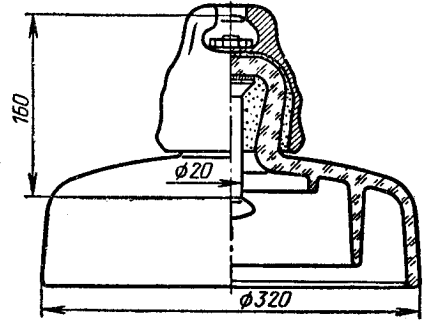


Рис. 32-10. Подвесной изолятор типа ПСГ-16А.

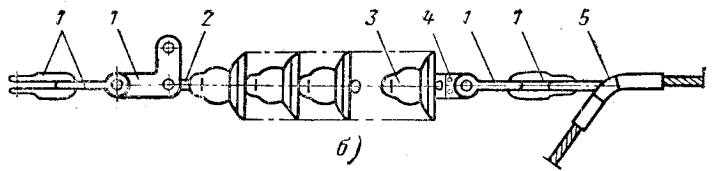
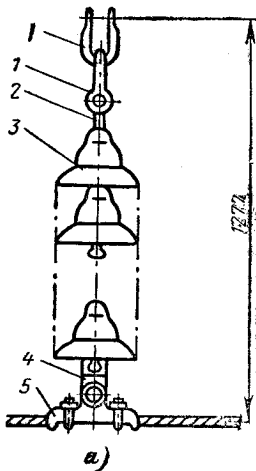


Рис. 32-11. Гирлянда подвесных изоляторов 110 кВ.

а — поддерживающая; б — натяжная; 1 — скоба; 2 — серьга; 3 — подвесной изолятор; 4 — ушко; 5 — зажим.

Таблица 32-4

## Технические характеристики штыревых изоляторов

Тип изолятора	Номинальное напряжение, кВ	Размеры, мм			Разрушающая механическая нагрузка, кгс	Масса, кг	Тип изолятора	Номинальное напряжение, кВ	Размеры, мм			Разрушающая механическая нагрузка, кгс	Масса, кг
		Конструктивная высота <i>h</i>	Диаметр тарелки <i>D</i>	Диаметр отверстия для штыря <i>d</i>					Конструктивная высота <i>h</i>	Диаметр тарелки <i>D</i>	Диаметр отверстия для штыря <i>d</i>		
<i>Фарфоровые</i>													
ШН-1	0,5	108	75	22	1 500	0,7	ТФ-20	0,5	78	70	20	1 300	0,20
ШН-1М	0,5	108	80	25,7	1 200	0,7	ШФ10-В	10	120	212	26	1 400	2,8
ШЛН-1	0,5	98	88	23	1 900	0,68	ШФ35-Б	35	285	310	44	3 000	11,0
ШЛН-2	0,5	78	72	22	1 200	0,38	<i>Стекланные</i>						
ТФ-12	0,5	48	52	12	800	0,115	ШЖБ-10с	10	123	232	26	1 400	2,4
ТФ-16	0,5	61	58	16	1 000	0,17	ШСС-10	10	109	150	26	1 400	1,35

Таблица 32-5

## Технические характеристики подвесных линейных изоляторов

Тип изолятора (в скобках указаны старые обозначения)	Основные размеры, мм			Гарантированная электромеханическая нагрузка, кгс, не менее	Пробивное напряжение, кВ	Испытательное одноминутное напряжение при частоте 50 Гц, кВ		Длина пути утечки тока, мм, не менее	Отношение длины пути утечки тока к строительной высоте	Масса, кг, не более
	Высота <i>h</i>	Диаметр тарелки <i>D</i>	Диаметр стержня <i>d</i>			в сухом состоянии	под дождем			
<i>Изоляторы для районов с нормальным уровнем загрязнения</i>										
ПС-6А (ПС-4,5)	130	255	16	6 000	90	58	37	255	1,95	4,1
ПС-11 (ЛС-11), (ПС-8,5)	170	290	22	11 000	90	65	40	320	1,88	6,6
ПС-16А (ЛС-16)	180	320	20	16 000	100	66	42	360	2,0	9,0
ПС-16Б (ЛС-16)	170	280	20	16 000	100	65	40	350	2,06	7,9
ПС-22А (ЛСЕ-22)	200	320	20	22 000	110	80	50	390	1,95	10,8
ПС-30А (ЛС-30)	217	320	24	30 000	110	65	40	350	1,56	14,2
ПФ-6А (П-4,5)	167	270	16	6 000	110	60	32	285	1,7	6,5
ПФ-6Б (ПМ-4,5)	140	270	16	6 000	110	60	32	280	1,7	6,0
ПФ-6В (ПФЕ-4,5)	140	270	16	6 000	110	60	32	324	2,3	5,3
ПФЕ-11 (снимается с производства)	183	320	20	14 500	125	68	40	384	2,10	9,0
ПФ-16А (осваивается)	173	280	20	16 000	125	68	40	365	2,2	8,6
ПФ-20А (ПФЕ-16)	194	350	20	20 000	125	68	44	420	2,17	12,8
<i>Изоляторы для районов с повышенным уровнем загрязнения</i>										
ПР-3,5	193	250	16	5 000	110	110	48	455	2,35	10,4
НС-2	198	270	16	6 000	110	107	50	470	2,38	8,1
НЗ-6	214	300	20	8 000	120	110	62	480	2,24	13,5
ПСГ-16А (осваивается)	160	320	20	16 000	100	110	60	480	3,00	9,3

Таблица 32-5

## Количество подвесных изоляторов

Напряжение воздушной линии, кВ	Тип изолятора									
	ПФ-6А, ПФ-6Б, ПФ-6В, ПС-6А		ПС-11		ПФЕ-11; ПФ-16А; ПС-16А; ПС-16Б		ПФ-20А; ПС-22А		ПС-30А	
	Количество изоляторов в гирлянде									
	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной	поддерживающей	натяжной
35	3	4	3	4	—	—	—	—	—	—
110	7	8	7	7	—	—	—	—	—	—
150	9	10	8	8	—	—	8	9	—	—
220	13	14	12	12	—	—	10	10	—	—
330	19	19	16	16	16	16	14	14	—	—
500	—	—	23	—	23	23	19	19	19	19

Примечание. В случае применения деревянных опор количество изоляторов может быть уменьшено на один элемент. Количество изоляторов в гирляндах увеличивается на один элемент

для напряжений до 150 кВ при строительстве линий на высоте 1 000—2 500 м над уровнем моря и для напряжений 220—500 кВ при высоте 1 000—2 000 м над уровнем моря.

Таблица 32-7

Сухозарядные и мокрозарядные напряжения гирлянд подвесных изоляторов

Количество изоляторов в гирлянде	Напряжение, кВ, для изоляторов типа						Количество изоляторов в гирлянде	Напряжение, кВ, для изоляторов типа					
	ПС-6А		ПС-11		ПФ-6А			ПС-6А		ПС-11		ПФ-6А	
	Сухозарядное	Мокрозарядное	Сухозарядное	Мокрозарядное	Сухозарядное	Мокрозарядное		Сухозарядное	Мокрозарядное	Сухозарядное	Мокрозарядное	Сухозарядное	Мокрозарядное
2	132	76	153	82	136	78	9	440	325	531	369	—	—
3	176	109	207	123	200	115	10	484	361	585	410	—	—
4	220	145	261	164	262	147	11	528	396	639	451	—	—
5	264	181	315	205	380	128	12	572	432	693	492	—	—
6	308	217	369	246	375	220	13	616	468	747	533	—	—
7	352	253	423	287	425	256	14	660	504	801	574	—	—
8	396	289	477	328	477	294							

32-3. ЛИНЕЙНАЯ АРМАТУРА

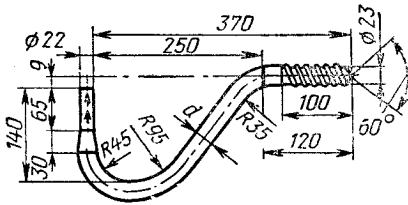


Рис. 32-12. Крюк типа KB.

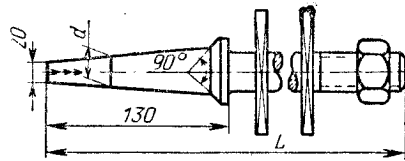


Рис. 32-13. Штырь типа ШН, ШУ.

Таблица 32-8

Штыри и крюки для деревянных опор 6—10 кВ

Тип штыря, крюка	L, мм	d, мм	d <sub>в</sub> , мм	Минимальная разрушающая нагрузка, кгс	Масса, кг	Тип штыря, крюка	L, мм	d, мм	d <sub>в</sub> , мм	Минимальная разрушающая нагрузка, кгс	Масса, кг
ШУ-24-Д	380	24	35	110	1,9	KB-25	—	25	—	255	2,2
ШУ-24-М	285	24	35	1 100	1,4	KB-28	—	28	—	360	2,73

Таблица 32-9

Поддерживающая и натяжная арматура

Наименование арматуры	Марка	Сечение провода, мм <sup>2</sup>					Основные размеры, мм		Масса, кг	Номинальная разрушающая нагрузка, кгс	
		М	А	АС	АСО	АСУ	ПС, ПМС, тросы	L			H
Зажим поддерживающий, глухой (рис. 32-14)	ПГ-1-5	25—30	25—50	25—35	—	—	25—35	180	50	1,2	3 000
	ПГ-2-6	70—95	50—95	50—70	—	—	50—95	200	60	1,4	3 000
	ПГН-3-5	120—185	120—185	95—185	150—185	120—185	—	220	66	1,5	3 000
	ПГН-4-4В	—	—	240—400	240—500	240—400	—	300	195	3,7	4 000
Зажимы поддерживающие глухие для стальных проводов и тросов	ПГ-2-6А	—	—	—	—	—	50—75	230	60	1,7	2 500
	ПГ-2-10	—	—	—	—	—	35—50	240	60	2,0	3 000
	ПГ-1-10	—	—	—	—	—	95	240	170	4,84	5 000
	ПГ-1-11	—	—	—	—	—	75—95	240	112	3,7	6 000
Зажимы натяжные клиновые НК-1-1 (ГОСТ 2730-68, рис. 32-15)	С клином № 1	16—25	16—25	—	—	—	—	225	—	1,2	200—750
	№ 2	35—50	35—50	—	—	—	—	225	—	1,2	450—1 550
	№ 3	70—95	70—95	—	—	—	—	225	—	1,2	850—2 900

Продолжение табл. 32-9

Наименование арматуры	Марка	Сечение провода, мм <sup>2</sup>						Основные размеры, мм		Масса, кг	Номинальная разрушающая нагрузка, кгс
		М	А	АС	АСО	АСУ	ПС, ПМС, тросы	L	H		
Зажимы натяжные клиновые для тросов и проводов типа НКК-1-1	С клином № 1 № 2	—	—	10—50	—	—	—	185	—	1,6	250—1 250
		—	—	—	—	—	25—50	185	—	1,8	2 640—4 900
Зажимы натяжные болтовые типа НБН (ГОСТ 2731-67, рис. 32-16)	НБН-2-6	120	120—390	70—120	159	120—150	—	125	200	3,6	1 500—5 100
	НБН-3-6	150—240	—	150—240	185—240	185	—	2,0	317	6,0	5 600—7 400
Зажимы натяжные прессуемые типа НАС (ГОСТ 2732-68, рис. 32-17)	НАС-240-Р1	—	—	240	300	—	—	345	—	1,9	7 300—8 000
	НАС-300-Р1	—	—	300	—	240	—	350	—	2,0	8 300—9 200
	НАС-300-Р2	—	—	—	—	300	—	385	—	2,4	10 300
	НАС-400-Р1	—	—	—	400	—	—	410	—	2,7	10 700
	НАС-400-Р2	—	—	—	—	400	—	450	—	3,3	13 800

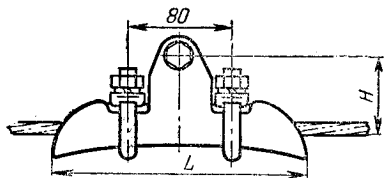


Рис. 32-14. Зажим поддерживающий, глухой типа ПГ-1, ПГ-2, ПГН-3.

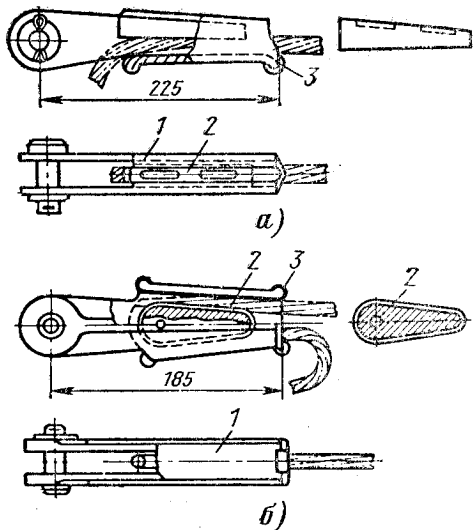


Рис. 32-15. Зажимы натяжные клиновые.  
а — зажим типа НКК-1; б — зажим клин-кауш типа НКК; 1 — корпус; 2 — клин; 3 — прокладка.

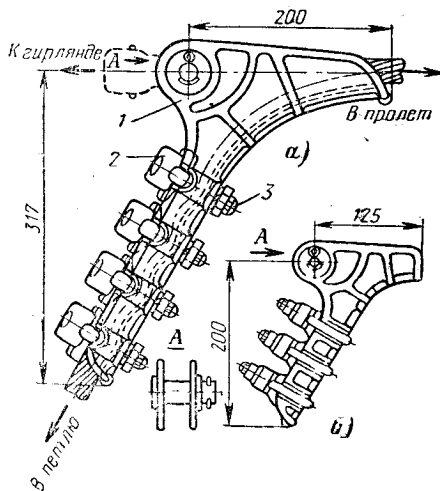


Рис. 32-16. Натяжные болтовые зажимы типа НБН.

а — зажим НБН-3-6; б — зажим НБН-2-6; 1 — корпус; 2 — втулка; 3 — болт.

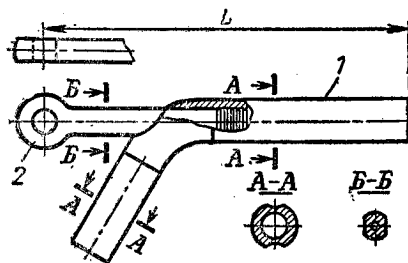


Рис. 32-17. Зажим натяжной прессуемый типа НАС.

1 — корпус; 2 — анкер.

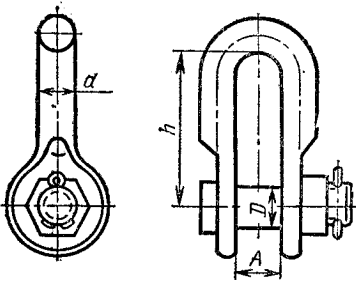


Рис. 32-18. Скоба типа СК и СКД.

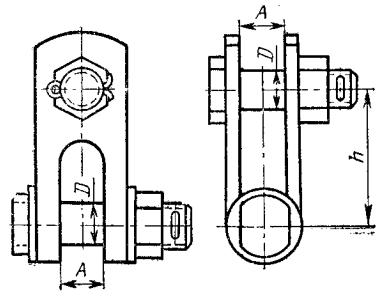


Рис. 32-19. Скоба двойная типа 2СК.

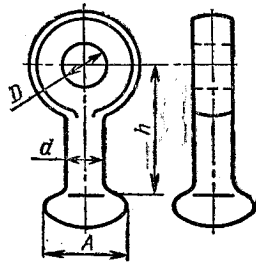


Рис. 32-20. Серьга типа СР.

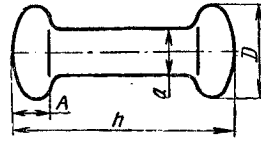


Рис. 32-21. Пестик типа ПК.

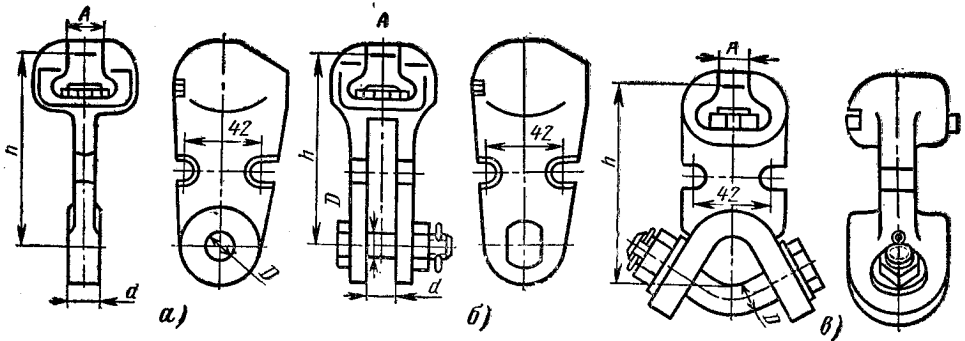


Рис. 32-22. Ушки. а — однолапчатые типа У-1; б — двухлапчатые типа У-2; в — специальные типа УС.

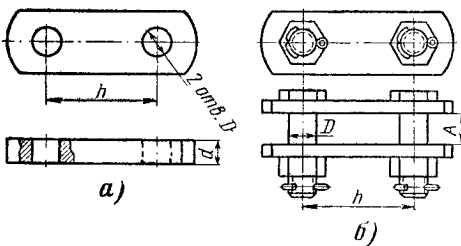


Рис. 32-23. Звенья промежуточные. а — типа ПР; б — типа 2ПР.

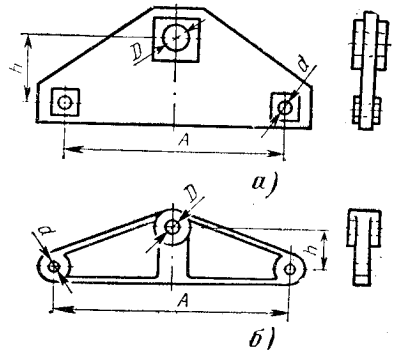


Рис. 32-24. Коромысла односторонние типа 2К для комплектования двученных гирлянд изоляторов. а — штампованные; б — литые.

Щельная арматура для линий с подвесными изоляторами

Таблица 32-10

Наименование арматуры	Тип	Основные размеры, мм				Разрушающая нагрузка, кгс	Масса, кг
		h	d	D	A		
Скоба (ГОСТ 2724-67, рис. 32-18, 32-19)	СК-6-1А	50	14	16	17	6 000	0,4
	СК-9-1А	60	16	18	19	9 000	0,5
	СК-12-А	65	18	22	23	12 000	1,0
	СКД-9-1	80	16	18	19	9 000	0,6
	СКД-12-1	82	18	22	23	12 000	1,1
	2СК-6-1	60	—	16	17	6 000	0,5
	2СК-9-1	65	—	18	19	9 000	0,8
2СК-12-1	70	—	22	23	12 000	1,3	
Серьга (ГОСТ 2725-67, рис. 32-20)	СР-6-16	65	16	17	32	6 000	0,3
	СР-9-16	60	16	19	32	9 000	0,35
	СР-12-16	65	16	23	32	12 000	0,41
Пестик (ГОСТ 2726-67, рис. 32-21)	ПК-6-16	71	16	32	13,2	6 000	0,2
	ПК-12-16	91	16	32	13,2	12 000	0,2
Ушки однолапчатые (ГОСТ 2727-67, рис. 32-22, а)	У1-6-16	106	16	17	20	6 000	1,0
	У1-12-16	108	22	23	20	12 000	1,4
Ушки двухлапчатые (ГОСТ 2727-67, рис. 32-22, б)	У2-16-16	106	17	16	20	6 000	1,2
	У2-12-16	108	23	22	20	12 000	1,8
Ушки специальные (ГОСТ 2727-67, рис. 32-22, в)	УС-6-16	112	—	18	20	6 000	1,54
	УС-12-16	135	—	25	20	12 000	2,0
Звено промежуточное (ГОСТ 2728-67, рис. 32-23)	ПР-6-6	70	16	17	—	6 000	0,4
	ПР-9-6	75	18	19	—	9 000	0,7
	ПР-12-6	85	22	23	—	12 000	0,9
	2ПР-6-1	70	—	16	17	6 000	0,6
	2ПР-9-1	75	—	18	19	9 000	0,9
	2ПР-12-1	85	—	22	23	12 000	1,4
Коромысло двухцепное одностороннее (ГОСТ 2729-67, рис. 32-24)	2К-6-1С	70	17	17	400	6 000	4,4
	2К-12-1	73	17	23	400	12 000	4,0

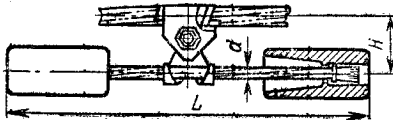


Рис. 32-25. Гасители вибрации типа ГВН с глухим креплением на проводе.

Таблица 32-11

Гасители вибрации (ГОСТ 2740-68)

Марка гасителя вибрации	Сечение проводов, мм <sup>2</sup> , марок					Для стальных проводов	Размеры, мм				Масса, кг	
	М	А	АС	АСО	АСУ		L	d	2r	H	груза	гасителя
ГВН-2-9	—	—	—	—	—	50	300	9	9	67	0,8	2,56
ГВН-2-13	70	70—95	70—95	—	—	400	9	13	68	0,8	2,27	
ГВН-3-12	—	—	—	—	—	70	400	11	12	71	1,6	4,32
ГВН-3-17	120—150	120—150	120—150	150	120—150	—	450	11	17	75	1,6	4,06
ГВН-4-22	185—240	185—240	185—240	185—240	185—240	—	500	11	22	78	2,4	5,72
ГВН-5-25	300—400	300—400	300	300	300	—	550	13	25	93	3,2	7,76
ГВН-5-30	—	500	400	400—500	400	—	650	13	30	97	3,2	7,82



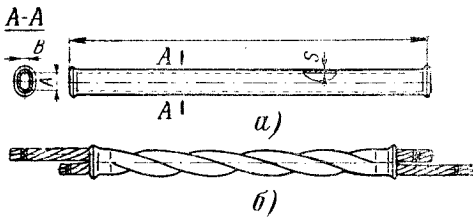


Рис. 32-26. Соединитель овальный, монтируемый скручиванием.  
а — соединитель до монтажа; б — соединитель, смонтированный на проводе.

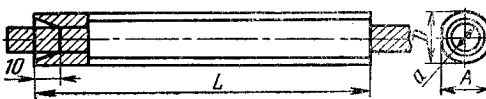


Рис. 32-29. Зажим соединительный типа СС.

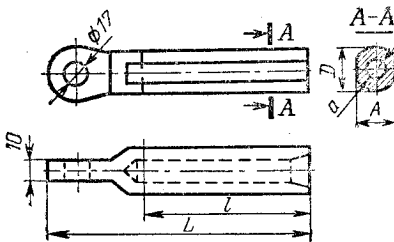


Рис. 32-30. Зажим заземляющий типа ЗПС.

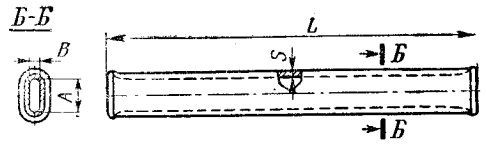


Рис. 32-27. Соединитель овальный типа СОА, СОМ, СОС.

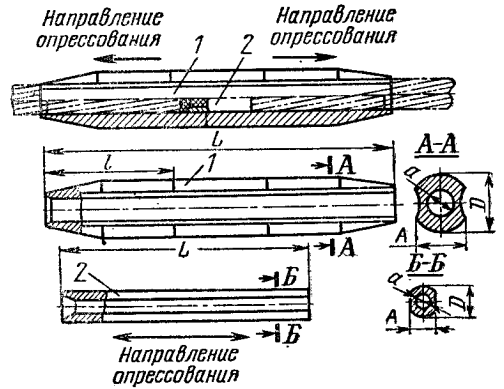


Рис. 32-28. Соединительный прессуемый зажим типа САС для сталеалюминевых проводов, 1 — корпус; 2 — сердечник.

Таблица 32-12

**Зажимы соединительные овальные**

Марка соединителя	Марка провода	Прочность заделки, кгс	Размеры, мм				Масса, кг
			A	B	S	L	
<i>Соединители овальные типа СОАС, монтируемые скручиванием (рис. 32-26)</i>							
СОАС-10-1А	АС-10	250	10,6	5,0	1,5	200	0,03
СОАС-16-1А	АС-16	400	12,0	6,0	1,7	200	0,04
СОАС-25-1А	АС-25	600	14,4	7,2	1,7	200	0,04
СОАС-35-1А	АС-35	950	19,0	9,0	2,1	330	0,15
СОАС-50-1А	АС-50	1 250	22,0	10,5	2,3	400	0,20
СОАС-70-1А	АС-70	1 800	26,0	12,5	2,6	450	0,27
СОАС-95-1А	АС-95	2 500	31,0	15,0	2,6	650	0,43
<i>Соединители овальные типа СОА, СОМ, СОАС, СОС, монтируемые обжатием и скручиванием (рис. 32-27)</i>							
СОА-16-1	А-16	230	12,0	6,0	1,7	105	0,02
СОА-25-1	А-25	350	14,4	7,2	1,7	116	0,03
СОА-35-1	А-35	470	17,0	8,5	1,7	136	0,04
СОА-50-1	А-50	600	20,0	10,0	1,7	185	0,05
СОА-70-1	А-70	930	23,2	11,6	1,7	205	0,10
СОА-95-1	А-95	1 300	26,8	13,4	1,7	274	0,10
СОА-120-1	А-120	1 520	30,0	15,0	2,0	294	0,15
СОА-150-1	А-150	2 050	34,0	17,0	2,0	312	0,16
СОА-185-1	А-185	2 550	38,0	19,0	2,0	332	0,20
СОМ-16-1	М-16	500	12,0	6,0	1,7	34	0,05
СОМ-25-1	М-25	770	14,4	7,2	1,7	108	0,08
СОМ-35-1	М-35	1 090	17,0	8,5	1,7	122	0,10
СОМ-50-1	М-50	1 560	20,0	10,0	1,7	175	0,15
СОМ-70-1	М-70	2 170	23,2	11,6	1,6	198	0,20
СОМ-95-1	М-95	2 960	26,2	13,4	1,7	258	0,30
СОМ-150-1	М-150	4 680	34,0	17,0	2,0	300	0,51

Продолжение табл. 32-12

Марка соединителя	Марка провода	Прочность заделки, кгс	Размеры, мм				Масса, кг
			A	B	S	L	
СОАС-120-1	АС-120	3 600	35	17	—	904	0,8
СОАС-150-1	АС-150	4 500	39	19	—	932	1,1
СОАС-185-1	АС-185	5 600	43	21	—	1 032	1,4
СОС-25-1	ПС, ПМС-25	1 280	14,4	7,2	1,7	115	0,06
СОС-35-2	ПС, ПМС-35	1 810	17,0	8,5	1,7	130	0,08
СОС-50-2	ПС, ПМС-50	2 410	20,0	10,0	1,7	185	0,14
СОС-70-2	ПС, ПМС-70	3 830	25,0	12,5	1,7	204	0,18

Таблица 32-13

Зажимы соединительные прессуемые типа САС (рис. 32-28)

Марка	Марка провода	Детали зажима	Матрица пресса		Размеры, мм					Гарантируемая прочность заделки провода, кгс	Масса кг
			Диаметр, мм	Марка комплекта	d	D	A	l	L		
САС-240-Р1У	АС-240	Корпус	39,5	А-39,5	27,0	47	39,5	135	380	7 300	1,3
	АСО-300	Сердечник	40,5 24	А-40,5 С-24	13,5	28	23,5	—	80	8 000	
САС-300-Р1У	АСУ-240	Корпус	40,5	А-40,5	27,0	47	39,5	195	500	8 300	1,29
	АС-300	Сердечник	24	С-24	15,5	28	23,5	—	80	9 200	
САС-300-Р2У	АСУ-300	Корпус	40,5	А-40,5	27,0	47	39,5	200	520	10 300	1,57
Сердечник			24	С-24	17,0	28	23,5	—	85		
САС-400-Р1У	АСО-400	Корпус	46	А-46	28,5	52	44,0	205	520	10 700	2,1
		Сердечник	24	С-24	14,5	23	23,5	—	80		
САС-400-Р2У	АСУ-400	Корпус	51	А-51	31,5	58	50,0	215	550	13 800	2,9
		Сердечник	28	С-28	20,0	36	27,5	—	90		

Таблица 32-14

Зажимы соединительные типа СС для стальных тросов, монтируемых прессованием (рис. 32-29)

Марка	Канат стальной		Матрица пресса		Размеры, мм				Прочность заделки, кгс	Масса, кг
	Диаметр, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм <sup>2</sup>	Марка комплекта	A	B	L	S		
СС-50-1А	9	49,49	19	С-19	9,5	18	22	240	4 900	0,55
СС-70-1А	11	72,20	24	С-24	11,5	23	28	260	7 000	0,90
СС-100-1А	13	100,89	26	С-26	13,5	25	30	320	9 700	1,25

Таблица 32-15

Зажимы заземляющие типа ЗПС для стальных тросов, монтируемых прессованием (рис. 32-30)

Марка зажима	Для стального каната сечением, мм <sup>2</sup>	Размеры, мм					Матрица		Масса, кг
		D	d	A	L	l	Диаметр, мм	Марка комплекта	
ЗПС-50-1	49,49	22	9,5	18,0	108	50	19,0	С-19	0,2
ЗПС-70-1	72,20	28	11,5	23,0	120	60	24,0	С-24	0,4
ЗПС-100-1	100,89	30	13,5	25,0	132	70	26,0	С-26	0,4

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

32-1. Справочник по строительству линий электропередачи под ред. А. Д. Романо-ва, изд. 3-е М., «Энергия», 1971.

## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ТРЕТИЙ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО КАБЕЛЯМ, БЛОКАМ И МУФТАМ

## 33-1. ДОПУСТИМЫЕ ДЛИТЕЛЬНЫЕ ТОКОВЫЕ НАГРУЗКИ НА КАБЕЛИ С БУМАЖНОЙ ПРОПИТАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной бумажной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии со следующими условиями:

а) Допустимая температура нагрева жил кабелей при номинальном напряжении, кВ, до:

3	80 °С
6	65 °С
10	60 °С
20 и 35	50 °С

б) Вид прокладки:

в земле: расстояние в свету между кабелями	не менее 100 мм
глубина траншеи	0,7—1,0 м
температура земли	15 °С
удельное сопротивление земли	120 Ом·град/Вт
в воде: температура воды	15 °С
в воздухе: температура воздуха	25 °С
расстояние в свету при прокладке кабелей внутри, вне зданий и в туннелях	не менее 35 мм
то же в каналах	не менее 50 мм

Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели приведены в табл. 33-1 — 33-8.

Таблица 33-1

Кабели с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле и воздухе

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А (на одножильные кабели для работы при постоянном токе)											
	Одножильные кабели до 1 кВ		Двухжильные кабели до 1 кВ		Трёхжильные кабели						Четырёхжильные кабели до 1 кВ	
					до 3 кВ		6 кВ		10 кВ			
	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе
2,5	—	40	45	30	40	28	—	—	—	—	—	—
4	80	55	60	40	55	37	—	—	—	—	50	35
6	105	75	80	50	70	45	—	—	—	—	60	45
10	140	95	105	75	95	60	80	55	—	—	85	60
16	175	120	140	95	120	80	105	65	95	60	115	80
25	235	160	185	130	160	105	135	90	120	85	150	100
35	285	200	225	150	190	125	160	110	150	105	175	120
50	360	245	270	185	235	155	200	145	180	135	215	145
70	440	305	325	225	285	200	245	175	215	165	265	185
95	520	360	380	275	340	245	295	215	265	200	310	215
120	595	415	435	320	390	285	340	250	310	240	350	260
150	675	470	500	375	435	330	390	290	365	270	395	300
185	755	525	—	—	490	375	440	325	400	305	450	340
240	880	610	—	—	570	430	510	375	460	350	—	—

Примечание. Токовые нагрузки на одножильные кабели сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> в земле — соответственно 1 000, 1 200, 1 400, 1 520, 1 700 А, в воздухе 720, 880, 1 020, 1 180 и 1 400 А.

Таблица 33-2

Кабели с алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле и воздухе

Сечение жилы мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А (на одножильные кабели для работы при постоянном токе)												
	Одножильные кабели до 1 кВ		Двухжильные кабели до 1 кВ		Трехжильные кабели						Четырехжильные кабели до 1 кВ		
	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	до 3 кВ		6 кВ		10 кВ		В земле	В воздухе	
					В земле	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе			
2,5	—	31	35	23	31	22	—	—	—	—	—	—	—
4	60	42	46	31	42	29	—	—	—	—	38	—	27
6	80	55	60	42	55	35	—	—	—	—	46	—	35
10	110	75	80	55	75	46	60	42	—	—	65	—	45
16	135	90	110	75	90	60	80	50	75	46	90	—	60
25	180	125	140	100	125	80	105	70	90	65	115	—	75
35	220	155	175	115	145	95	125	85	115	80	135	—	95
50	275	190	210	140	180	120	155	110	140	105	165	—	110
70	340	235	250	175	220	155	190	135	165	130	200	—	140
95	400	275	290	210	260	190	225	165	205	155	240	—	165
120	460	320	335	245	300	220	260	190	240	185	270	—	200
150	520	360	385	290	335	255	300	225	275	210	305	—	230
185	580	405	—	—	380	290	340	250	310	235	345	—	260
240	675	470	—	—	440	330	390	290	355	270	—	—	—

Примечание. Токовые нагрузки на одножильные кабели сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> в земле — соответственно 770, 940, 1 080, 1 170 и 1 310 А, в воздухе 555, 675, 785, 910 и 1 080 А.

Таблица 33-3

Кабели с медными и алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, прокладываемые в воде

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А							
	Кабели с медными жилами				Кабели с алюминиевыми жилами			
	Трехжильные			Четырех- жильные	Трехжильные			Четырех- жильные
	до 3 кВ	6 кВ	10 кВ		до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	
16	—	135	120	—	—	105	90	—
25	210	170	150	195	160	130	115	150
35	250	205	180	230	190	160	140	175
50	305	255	220	285	235	195	170	220
70	375	310	275	350	290	240	210	270
95	440	375	340	410	310	290	260	315
120	505	430	395	470	390	330	305	360
150	565	500	450	—	435	385	345	—
185	615	545	510	—	475	420	390	—
240	715	625	585	—	550	48	450	—

Таблица 33-4

Кабели 6 кВ с медными и алюминиевыми жилами, с обедненно-пропитанной изоляцией, в общей свинцовой оболочке, прокладываемые в земле, воде и воздухе

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А						
	Трехжильные кабели с медными жилами			Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами			
	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе	
16	90	100	65	70	75	50	
25	120	140	90	90	110	70	
35	145	175	110	110	135	85	
50	180	220	140	140	170	110	
70	220	275	170	170	210	130	
95	265	335	210	205	260	160	
120	310	385	245	240	295	190	
150	355	450	290	275	345	225	

Таблица 33-5

Кабели с отдельно оцинкованными медными и алюминиевыми жилами, с обедненно-пропитанной изоляцией, прокладываемые в земле, воде и воздухе

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А											
	Трехжильные кабели с медными жилами						Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами					
	6 кВ			10 кВ			6 кВ			10 кВ		
	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе
16	90	115	80	—	—	—	70	90	60	—	—	—
25	125	155	105	110	140	100	95	120	80	85	110	75
35	155	195	125	130	170	120	120	150	95	100	130	90
50	185	230	150	160	210	145	140	175	115	125	160	110
70	225	280	190	200	255	180	175	215	145	155	195	140
95	270	340	230	250	305	220	210	260	175	190	230	170
120	310	385	265	290	360	255	240	295	205	225	275	195
150	355	450	310	335	405	295	275	345	240	260	310	225

Таблица 33-6

Кабели с отдельно оцинкованными (или отдельно опрессованными) медными и алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, прокладываемые в земле, воде и воздухе

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А											
	Трехжильные кабели с медными жилами						Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами					
	20 кВ			35 кВ			20 кВ			35 кВ		
	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе	В земле	В воде	В воздухе
25	110	120	85	—	—	—	85	90	60	—	—	—
35	135	145	100	—	—	—	105	110	75	—	—	—
50	165	180	120	—	—	—	125	140	90	—	—	—
70	200	225	150	195	210	145	155	175	115	150	160	110
95	240	275	180	235	255	180	185	210	140	180	195	140
120	275	315	205	270	290	205	210	245	160	210	225	160
150	315	350	230	310	—	230	240	270	175	240	—	175
185	355	390	265	—	—	—	275	300	205	—	—	—

Таблица 33-7

Кабели с медными и алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, небронированные, прокладываемые в воздухе

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А*									
	Одножильные кабели с медной жилой					Одножильные кабели с алюминиевой жилой				
	до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ	до 3 кВ	6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ
2,5	35	—	—	—	—	27	—	—	—	—
4	50	—	—	—	—	38	—	—	—	—
6	60	—	—	—	—	46	—	—	—	—
10	85	75	—	—	—	65	60	—	—	—
16	120	110	90	—	—	90	85	70	—	—
25	145	135	125	105	—	110	105	95	80	—
35	170	155	145	125	—	130	120	110	95	—
50	215	200	190	155	—	165	155	145	120	—
70	260	240	225	185	180	200	185	175	140	140
95	305	280	265	220	215	235	215	205	170	165
120	330	300	285	245	240	255	230	220	190	185
150	360	325	310	270	265	275	250	240	210	205
185	385	350	335	290	285	295	270	260	225	220
240	435	395	380	320	315	335	305	290	245	245
300	460	420	405	350	340	355	325	310	270	260
400	485	440	425	370	—	375	340	325	285	—
500	505	460	445	—	—	390	355	340	—	—

\* Токовые нагрузки относятся к работе на переменном токе, при этом свинцовые оболочки соединены между собой и заземлены на обоих концах, число рядом лежащих кабелей 3, расстояние между кабелями в свету не более 125 мм и не менее 35 мм.

Таблица 33-8

Кабели с медными и алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированные и небронированные

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А									
	Кабели с медными жилами					Кабели с алюминиевыми жилами				
	Одно-жилные	Двух жилные		Трех жилные		Одно-жилные	Двух жилные		Трех жилные	
		В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе		В земле	В воздухе	В воздухе	В земле
1,5	23	19	33	19	27	—	—	—	—	—
2,5	30	27	44	25	38	23	21	34	19	29
4	41	38	55	35	49	31	29	42	27	38
6	50	50	70	42	60	38	38	55	32	46
10	80	70	105	55	90	60	55	80	42	70
16	100	90	135	75	115	75	70	105	60	90
25	140	115	175	95	150	105	90	135	75	115
35	170	140	210	120	180	130	105	160	90	140
50	215	175	265	145	225	165	135	205	110	175
70	270	215	320	180	275	210	165	245	140	210
95	325	260	385	220	330	250	200	295	170	255
120	385	300	445	260	385	295	230	345	200	295
150	440	350	505	305	435	340	270	390	235	335
185	510	405	570	350	500	390	310	440	270	385
240	605	—	—	—	—	465	—	—	—	—

Кабельные линии напряжением 6—10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных, могут кратковременно перегружаться согласно табл. 33-9.

На время ликвидации аварий для кабельных линий напряжением до 10 кВ включительно допускается перегрузка в течение 5 суток согласно табл. 33-9.

Таблица 33-9

Допустимая кратковременная перегрузка кабельных линий

Коэффициент предварительной нагрузки	Вид прокладки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной					
		в течение, ч			при длительности максимума, ч		
		0,5	1,0	3,0	1,0	3,0	6,0
0,6	В земле	1,35	1,3	1,15	1,5	1,35	1,25
	В воздухе	1,25	1,15	1,10	1,35	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,20	1,10	1,00	1,30	1,20	1,15
0,8	В земле	1,2	1,15	1,1	1,35	1,25	1,20
	В воздухе	1,15	1,1	1,05	1,30	1,25	1,25
	В трубах (в земле)	1,10	1,05	1,00	1,20	1,15	1,10

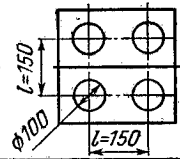
Примечание. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели, прокладываемые в блоках, определяются по эмпирической формуле  $I =$

$= I_0 \cdot abc$ , где  $I_0$  — ток, определяемый по табл. 33-10;  $a, b, c$  — коэффициенты, выбираемые по табл. 33-11.

Таблица 33-10

Схема заполнения блоков кабелями

Гр.	Конфигурация блоков	№ отв.	$I_{0, A}$
I	[7]	1	191
II		2	173
		3	167
		2	154
III		2	147
		3	138
		2	143
IV		3	135
		4	131
		2	140
		3	132
V		4	118
		2	136
		3	132
VI		4	119
		2	135
		3	124
VII		4	104
		2	135
		3	118
VIII		4	100
		2	133
		3	116
IX		4	81
		2	129
		3	114
X		4	79
		2	129



**Коэффициенты уменьшения допустимой токовой нагрузки на кабели, прокладываемые в параллельных блоках одинаковой конфигурации**

Расстояние между блоками, мм	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
Величина коэффициента	0,85	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96

Таблица 33-11

**Поправочные коэффициенты:**

а) на число рядом прокладываемых кабелей в земле в трубах и без труб

Число кабелей	1	2	3	4	5	6
Для расстояния в свету 100 мм	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
То же 200 мм	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
> > 300 мм	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

б)  $a$  — на сечение кабеля

Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Величина коэффициента при номере канала блока			
	1	2	3	4
25	0,44	0,46	0,47	0,51
35	0,54	0,57	0,57	0,60
50	0,67	0,69	0,69	0,71
70	0,81	0,84	0,84	0,85
95	1,00	1,00	1,00	1,00
120	1,14	1,13	1,13	1,12
150	1,33	1,30	1,29	1,26
185	1,50	1,46	1,45	1,38
240	1,78	1,70	1,68	1,55

в)  $b$  — на напряжение кабеля

Номинальное напряжение кабеля, кВ	10	6	До 3
Величина коэффициента	1	1,05	1,09

г)  $c$  — на среднесуточную нагрузку блока, определяемую в зависимости от отношения среднесуточной передаваемой мощности к номинальной

$S_{\text{ср. сут}}/S_{\text{ном}}$	1,0	0,85	0,7
Величина коэффициента	1,0	1,07	1,16



### 33-2. КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ ПРОПИТАННОЙ БУМАГИ

Кабели силовые с алюминиевыми и медными жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги предназначены для передачи и

распределения электрической энергии при номинальном напряжении до 35 кВ (табл. 33-12).

Силовые кабели с изоляцией из пропитанной бумаги изготавливаются с числом и сечением жил и на номинальное напряжение согласно табл. 33-13.

Таблица 33-12

#### Конструкция и назначение кабелей

Марка	Наименование	Назначение
АСГТ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке	Для прокладки в трубах, блоках, туннелях, каналах, внутри помещений при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к свинцу
СГТ	То же с медными жилами	То же
АСБ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СБ	То же с медными жилами	То же
АСБ-1к АСБ-2к	Кабель с алюминиевыми жилами, с одной (1к) или двумя (2к) контрольными жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки трамвайных сетей в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СБ-1к, СБ-2к	То же с медными жилами	То же
АСБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СБГ	То же с медными жилами	То же
АСБГ-1к АСБГ-2к	Кабель с алюминиевыми жилами, с одной (1к) или с двумя (2к) контрольными жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки трамвайных сетей, внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СБГ-1к СБГ-2к	То же, медными жилами	То же
АСП	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СП	То же, медными жилами	То же
АСПГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, шахтах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СПГ	То же с медными жилами	То же

Продолжение табл. 33-12

Марка	Наименование	Назначение
АСК	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с наружным покровом	Для прокладки под водой
СК	То же с медными жилами	То же
АОСБ	Кабель с алюминиевыми жилами, скрученный из трех отдельно изолированных и оцинкованных жил, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ОСБ	То же с медными жилами	То же
АОСБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, скрученный из трех отдельно изолированных и оцинкованных жил, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ОСБГ	То же с медными жилами	То же
АОСК	Кабель с алюминиевыми жилами, скрученный из трех отдельно изолированных и оцинкованных жил, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с наружным покровом	Для прокладки под водой
ОСК	То же с медными жилами	То же
АСБВ, СБВ, АСБГВ, СБГВ, АСПВ, СПВ, АСПГВ, СПГВ, АСКВ, СКВ, АОСБВ, ОСБВ, АОСБГВ, ОСБГВ, АОСКВ, ОСКВ	То же, что и кабели марок АСБ, СБ, АСБГ, СБГ, АСП, СП, АСПГ, СПГ, АСК, СК, АОСБ, ОСБ, АОСБГ, ОСБГ, АОСК, ОСК, но с объединенно-пропитанной изоляцией	Для прокладки на наклонных и вертикальных трассах и большой разностью уровней в тех же условиях, что и для кабелей марок АСБ, СБ, АСБГ, СБГ, АСП, СП, АСПГ, СПГ, АСК, СК, АОСБ, ОСБ, АОСБГ, ОСБГ, АОСК, ОСК
ААГ	Кабель с алюминиевыми жилами с изоляцией из пропитанной бумаги в алюминиевой оболочке	Для прокладки в туннелях, каналах, внутри помещений, при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к алюминию
АГ	То же с медными жилами	То же
ААБ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в алюминиевой оболочке, бронированный двумя стальными лентами; с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АБ	То же с медными жилами	То же
ААБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в алюминиевой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям

Продолжение табл. 33-12

Марка	Наименование	Назначение
АБГ	Кабель с медными жилами	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ААП	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в алюминиевой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
АП	То же с медными жилами	То же
ААПГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из пропитанной бумаги, в алюминиевой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
АПГ	То же с медными жилами	То же
ААГВ, АГВ, ААБВ, АБВ, ААБГВ, АБГВ, ААПВ, АПВ, ААПГВ, АПГВ	То же, что и кабели марок ААГ, АГ, ААБ, АБ, ААБГ, АБГ, ААП, АП, ААПГ, АПГ, но с объединенно-пропитанной изоляцией	Для прокладки на наклонных и вертикальных трассах с большой разностью уровней в тех же условиях, что и для кабелей марок ААГ, АГ, ААБ, АБ, ААБГ, АБГ, ААП, АП, ААПГ, АПГ

Таблица 33-13

## Сечение жил силовых кабелей с изоляцией из пропитанной бумаги

Марка кабеля	Число жил	Номинальное напряжение, кВ			
		до 1	3	6	10
Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>					
АСГТ, СГТ	1	2,5—800	6—625	10—500	16—500
АСП, СП, АСПГ, СПГ	1	50—800	35—625	—	—
АСБ, СБ, АСБГ, СБГ	1	4—800	6—625	10—500	16—500
АСБ-1к, СБ-1к, АСБ-2к, СБ-2к, АСБГ-1к, СБГ-1к, АСБГ-2к, СБГ-2к	1	120—800	—	—	—
АСБВ, СБВ, АСБГВ, СБГВ	1	4—500	6—500	10—95	16—95
АСПВ, СПВ, АСПГВ, СПГВ	1	50—500	35—500	35—95	35—95
АСГТ, СГТ, АСБ, СБ, АСБГ, СБГ	2	2,5—150	—	—	—
АСП, СП, АСПГ, СПГ	2	25—150	—	—	—
АСБВ, СБВ, АСБГВ, СБГВ	2	4—120	—	—	—
АСПВ, СПВ, АСПГВ, СПГВ	2	25—120	—	—	—
АСГТ, СГТ, АСБ, СБ, АСБГ, СБГ	3	2,5—240	4—240	10—240	16—240
АСП, СП, АСПГ, СПГ, АСК, СК	3	25—240	25—240	16—240	16—240
АСБВ, СБВ, АСБГВ, СБГВ	3	4—150	6—150	16—150	—
АСПВ, СПВ, АСПГВ, СПГВ, АСКВ, СКВ	3	25—150	25—150	16—120	—
АОСБВ, ОСБВ, АОСБГВ, ОСБГВ, АОСКВ, ОСКВ	3	—	—	16—150	25—150
ААГ, АГ, ААБ, АБ, ААБГ, АБГ	3	6—120	6—95	10—70	—
ААП, АП, ААПГ, АПГ	3	25—120	25—95	16—70	—
ААГВ, АГВ, ААБВ, АБВ, ААБГВ, АБГВ	3	6—120	6—95	16—50	—
ААПВ, АПВ, ААПГВ, АПГВ	3	25—120	25—95	16—50	—
АСГТ, СГТ, АСБ, СБ, АСБГ, СБГ	4	4—185	—	—	—
АСП, СП, АСПГ, СПГ	4	16—185	—	—	—
АСК, СК, АСКВ, СКВ	4	25—120	—	—	—
АСБВ, СБВ, АСБГВ, СБГВ	4	4—120	—	—	—
ААГ, АГ, ААБ, АБ, ААБГ, АБГ, ААГВ, АГВ, ААБВ, АБВ, ААБГВ, АБГВ	4	6—95	—	—	—
ААП, АП, ААПГ, АПГ, ААПВ, АПВ, ААПГВ, АПГВ	4	25—95	—	—	—
АСПВ, СПВ, АСПГВ, СПГВ	4	16—120	—	—	—
		20	35	—	—
АСГТ, СГТ	1	25—400	70—300	—	—
АОСБ, ОСБ, АОСБГ, ОСБГ	3	25—185	70—150	—	—
АОСК, ОСК	3	25—185	70—120	—	—

### 33-3. КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ С РЕЗИНОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

Кабели силовые с медными и алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией

предназначены для неподвижной прокладки в электрических сетях при номинальном напряжении переменного тока до 6 000 В включительно (табл. 33-14).

Таблица 33-14

#### Конструкция и назначение кабелей

Марка	Наименование	Назначение
НРГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке	Для прокладки внутри помещений, туннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель
АНРГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
НРБ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой негорючей оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АНРБ	Кабель с алюминиевыми жилами	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
НРБГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АНРБГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
ВРГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается механическим воздействиям на кабель и при наличии агрессивных сред
АВРГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
ВРБ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВРБ	То же с алюминиевыми жилами	То же
ВРБГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в поливинилхлоридной оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВРБГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
СРГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, в местах, не подверженных вибрации, при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к свинцу
АСРГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
СРБ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям

Продолжение табл. 33-14

Марка	Наименование	Назначение
АСРБ	То же с алюминиевыми жилами	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СРБГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСРБГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
СРП	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками, с наружным покрытием	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСРП	Кабель с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками, с наружным покрытием	Для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
СРПГ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими стальными оцинкованными проволоками	Для прокладки внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АСРПГ	То же с алюминиевыми жилами	То же

Таблица 33-15

## Сечение жил силовых кабелей с резиновой изоляцией

Марка кабеля	Число жил	Номинальное напряжение, В		
		500	3 000	6 000
		Номинальное сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>		
НРГ, ВРГ	1	1—240	—	—
АНРГ, АВРГ	1	4—240	—	—
СРГ	1	1—240	1,5—500	2,5—500
АСРГ	1	4—240	4—500	4—500
НРГ, ВРГ	2,3	1—185	—	—
АНРГ, АВРГ, НРБ, АНРБ, АНРБГ, ВРБ, АВРБ, ВРБГ, АВРБГ	2,3	4—185	—	—
СРГ	2,3	1—185	1,5—70	—
АСРГ, СРБ, АСРБ, СРБГ, АСРБГ	2,3	1—185	4—70	—
СРП, АСРП, СРПГ, АСРПГ	2,3	10—185	4—70	—

### 33-4. КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ С БУМАЖНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ В СВИНЦОВОЙ ОБОЛОЧКЕ С ЗАЩИТНЫМИ НАРУЖНЫМИ ПОКРОВАМИ, НЕ РАСПРОСТРАНЯЮЩИМИ ГОРЕНИЯ

Кабели силовые с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке предназначены для передачи и распределения электрической энергии

в шахтах при номинальном напряжении до 10 кВ.

Кабели с бумажной пропитанной изоляцией прокладываются без предварительного нагрева при температуре не ниже 0 °С на трассах с разностью уровней прокладки 15—25 м; с изоляцией из пропитанной нестекающим составом бумаги — при температуре +5 °С на трассах без ограничения уровней прокладки.

Кабели изготавливаются по ТУ 1606-285-68.

Сечения жил силовых кабелей приведены в табл 33-17.

Таблица 33-16

#### Конструкция и назначение кабелей

Марка	Наименование	Назначение
СБВш	Кабель с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами в поливинилхлоридной оболочке	Прокладка в шахтах, в агрессивных условиях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦСБВш	То же, пропитанный нестекающим составом	То же
СПВш	Кабель с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой оболочке, бронированный плоскими (круглыми) стальными оцинкованными проволоками, в поливинилхлоридной оболочке	Прокладка в шахтах, в агрессивных условиях, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦСПВш	То же, пропитанный нестекающим составом	Прокладка в шахтах, в агрессивных условиях, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
СВш	Кабель с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой и поливинилхлоридной оболочке	Прокладка в шахтах, в агрессивных условиях, при отсутствии механических воздействий на кабель
ЦСВш	То же, пропитанный нестекающим составом	То же

Таблица 33-17

#### Сечение жил силовых кабелей с наружным покровом, не распространяющим горения

Марка кабеля	Число жил	Напряжение, кВ		
		1	6	10
		Сечение жилы, мм <sup>2</sup>		
СПВш СВш, СБВш ЦСБВш, ЦСВш, ЦСПВш	3	25—240 16—240 —	16—240 10—240 25—185	16—240 16—240 25—185
СБВш, СВш, СПВш	4	10—185 16—185	— —	— —

### 33-5. КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ С ПЛАСТМАССОВОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ И ОБОЛОЧКОЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ 1—35 кВ

Кабели силовые с медными и алюминиевыми жилами с пластмассовой изоляцией

и оболочкой предназначены для неподвижной прокладки в электрических сетях при номинальном напряжении переменного тока до 35 кВ включительно на трассах с неограниченной разностью уровней прокладки.

Таблица 33-18

## Конструкция и назначение кабелей

Марка	Наименование	Назначение
АВВГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, небронированный	Прокладка внутри помещений, туннелях, каналах, при отсутствии механических воздействий на кабель
АВПГ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, небронированный	То же
АВВБ	Кабель с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированный стальными лентами с защитным покровом	Прокладка в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВПБ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	То же
АВВБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированный стальными лентами с противокоррозионной защитой	Прокладка внутри помещений, в каналах, туннелях, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВПБГ	То же, но с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	То же
ВВГ	Кабель с медными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, небронированный	Прокладка внутри помещений, в туннелях, каналах при отсутствии механических воздействий на кабель
ВПГ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, небронированный	То же
ВВБ	Кабель с медными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	Прокладка в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВПБ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	То же
ВВБГ	Кабель с медными жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	Прокладка внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВПБГ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	То же
АВОВБ	Кабель с алюминиевыми жилами, с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами с защитным покровом	Прокладка в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АПОВБ	То же с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	То же

Продолжение табл. 33-18

Марка	Наименование	Назначение
АПОБГ	Кабель с алюминиевыми жилами, с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	Прокладка внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
АВОБГ	То же с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	То же
ПОВБ	Кабель с медными жилами, с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	Прокладка в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВОВБ	То же с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с защитным покровом	То же
ПОВБГ	Кабель с медными жилами с полиэтиленовой изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	Прокладка внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ВОВБГ	То же с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой поверх каждой экранированной жилы, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой	То же

Кабели изготавливаются по МРТУ  
16-505-021-65.

Сечения жил силовых кабелей с пластмассовой изоляцией приведены в табл. 33-19.

Таблица 33-19

## Сечение жил силовых кабелей с пластмассовой изоляцией

Марка кабеля	Число жил	Номинальное напряжение, кВ				
		1	6	10	20	35
		Номинальное сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>				
АВВГ, ВВГ, АВПГ, ВПГ, АВВБ	2	2,5—10	—	—	—	—
ВВБ, АВПБ, ВПБ, АВВБГ, ВВБГ		16—50	—	—	—	—
АВПБГ, ВПБГ		70—150	—	—	—	—
АВВГ, ВВГ, АВПГ, ВПГ, АВВБ, ВВБ, АВПБ, ВПБ, АВВБГ, ВВБГ, АВПБГ, ВПБГ	3	2,5—150	10—150	—	—	—
АПОВБ, ПОВБ, АПОВБГ, ПОВБГ, АВОВБ, ВОВБ, АВОВБГ, ВОВБГ	3	—	—	16—150	—	—
АПОВБ, ПОВБ, АПОВБГ, ПОВБГ	3	—	—	—	50—150	70—120
АВВГ, ВВГ, АВПГ, ВПГ, АВВБ, ВВБ, АВПБ, ВПБ, АВВБГ, ВВБГ, АВПБГ, ВПБГ	4	4—150	—	—	—	—



### 33-6. КАБЕЛИ СИЛОВЫЕ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ ПРОПИТАННОЙ НЕСТЕКАЮЩЕЙ МАССОЙ БУМАГИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ

Кабели силовые с медными и алюминиевыми жилами, с изоляцией из бумаги, пропитанной нестекающей массой, в свин-

цовой или алюминиевой оболочке, бронированные предназначены для передачи и распределения электрической энергии при номинальном напряжении 6 и 10 кВ на вертикальных и крутонаклонных трассах, без ограничения разности уровней прокладки.

Кабели изготавливаются по ТУ 4-61 и ТУ ОМВ 505-161-64.

Таблица 33-20

#### Конструкция и назначение кабелей

Марка	Наименование	Назначение
ЦСБ	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях) при возможности механических воздействий на кабель, если он не подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦАСБ	То же с алюминиевыми жилами	То же
ЦААБ	То же в алюминиевой оболочке	То же
ЦСБГ	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами	Для прокладки внутри помещений, в туннелях, каналах, если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦАСБГ	То же с алюминиевыми жилами	То же
ЦААБГ	То же в алюминиевой оболочке	То же
ЦСБН	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с негорючим наружным покровом	То же
ЦАСБН	То же с алюминиевыми жилами	То же
ЦААБН	То же в алюминиевой оболочке	То же
ЦСК	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с наружным покровом	Для прокладки в земле (траншеях) при возможности механических воздействий на кабель, если он подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦАСК	То же с алюминиевыми жилами	То же
ЦААК	То же в алюминиевой оболочке	То же
ЦСКГ	Кабель с медными жилами, с изоляцией из пропитанной нестекающей массой бумаги, в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками	Для прокладки внутри помещений, в шахтах, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦСКН	То же с негорючим наружным покровом	То же

Продолжение табл. 33-20

Марка	Наименование	Назначение
ЦАСКГ	То же с алюминиевыми жилами, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками	Для прокладки внутри помещений, если кабель подвергается значительным растягивающим усилиям
ЦААКГ	То же с алюминиевыми жилами, в алюминиевой оболочке	То же
ЦАСКН	То же в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с негорючим наружным покровом	То же
ЦААКН	То же в алюминиевой оболочке	То же

### 33-7. КАБЕЛИ МАСЛОНАПОЛНЕННЫЕ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ НА НАПРЯЖЕНИЕ 110 кВ

Маслонаполненные кабели с медными жилами предназначены для передачи и рас-

пределения электроэнергии при номинальном напряжении 110 кВ.

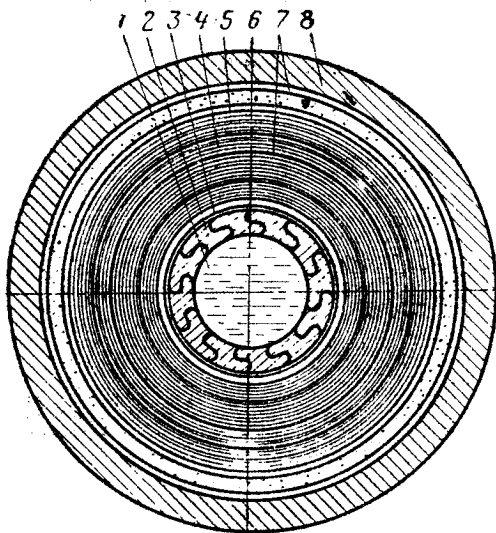


Рис. 33-1. Маслонаполненный кабель среднего давления марки МСАВ на напряжение 110 кВ сечением  $1 \times 150 \text{ мм}^2$ .

1 — маслопроводящий канал; 2 — токопроводящая жила; 3 — экран из полупроводящей бумаги; 4 — изоляция из бумаги толщиной 0,08 и 0,12 мм; 5 — экран по изоляции; 6 — алюминиевая оболочка; 7 — покрытие из битумного компаунда и поливинилхлоридной ленты; 8 — поливинилхлоридная оболочка.

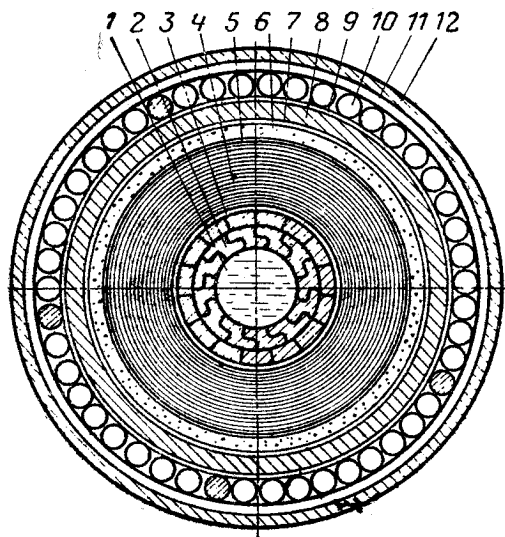


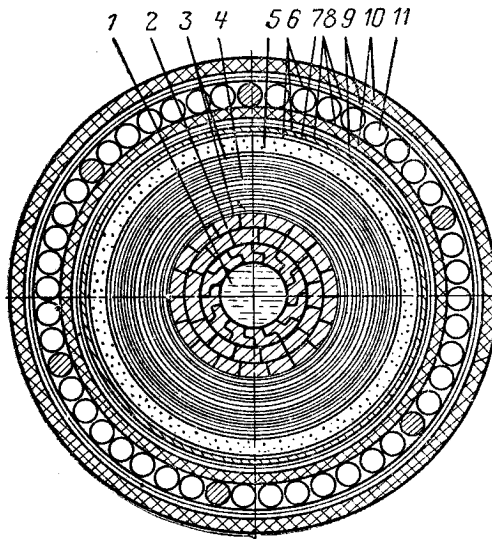
Рис. 33-2. Маслонаполненный кабель среднего давления марки МСАВК на напряжение 110 кВ сечением  $1 \times 270 \text{ мм}^2$ .

1 — маслопроводящий канал; 2 — токопроводящая жила; 3 — экран из полупроводящей бумаги; 4 — изоляция из бумаги; 5 — экран по изоляции; 6 — алюминиевая оболочка; 7 — покрытие из битумного компаунда и поливинилхлоридной ленты; 8 — поливинилхлоридный шланг; 9 — две ленты из крепированной бумаги; 10 — броня из круглых стальных и медных проволок; 11 — покрытие из битумного компаунда; две поливинилхлоридные ленты; 12 — кабельная пряжа.

Таблица 33-21

## Конструкции и назначения кабелей

Марка	Характеристика	Назначение
МССА	С медной жилой, в свинцовой оболочке, с упрочняющими медными лентами и наружным покровом из слоя битумного компаунда, поливинилхлоридных лент, кабельной пряжи, мелового покрытия	Для прокладки в земле (траншее), если кабель не подвергается растягивающим усилиям, надежно защищен от механических повреждений
МССК-4, МССК-6	То же с проволочной броней	Для прокладки под водой, в болотистой местности и местах, где требуется дополнительная механическая защита кабелей
МССВ	То же в поливинилхлоридной оболочке по медным лентам	Для прокладки в земле (траншее), если кабель не подвергается растягивающим усилиям и надежно защищен от механических повреждений, а также для прокладки в туннелях и каналах зданий

Рис. 33-3. Маслонаполненный кабель среднего давления марки МССК-4,  $1 \times 500 \text{ мм}^2$ , 110 кВ.

1 — маслопроводящий канал; 2 — жила из трех повивов проволоки; 3 — экраны из лент полупроводящей бумаги; 4 — изоляция; 5 — свинцовая оболочка; 6 — ленты поливинилхлоридного пластиката; 7 — медные твердокатаные ленты упрочняющего покрова; 8 — слой битумного компаунда; 9 — лента битумизированной крепированной кабельной бумаги; 10 — кабельная пряжа; 11 — броня из круглых стальных и медных проволок.

## 33-8. МУФТЫ ДЛЯ КАБЕЛЕЙ

I; 6 и 10 кВ

Муфты для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией на напряжение 1; 6 и 10 кВ предназначены для соединения строительных длин кабелей, оконцевания и присоединения кабельных линий к воздушным линиям передачи.

Характеристика муфт приведена в табл. 33-22.

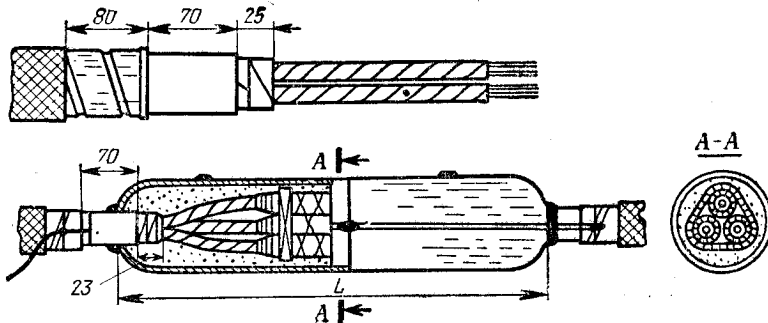


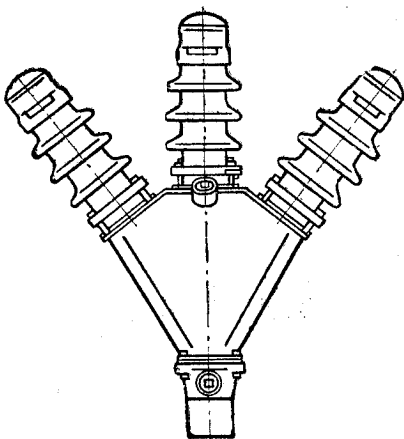
Рис. 33-4. Свинцовая соединительная муфта 6—10 кВ.

Таблица 33-22

## Характеристика муфт

Тип муфт	Характеристика	Напряжение, кВ	Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>
СЧ-60	Соединительная чугунная	1	До 16 (4 жилы) До 35 (3 жилы)
СС-60	Соединительная свинцовая с кожухом К <sub>3</sub> -55	6	10, 16
СС-70		6	25, 35, 50
		10	16, 25
СС-80	То же с кожухом К <sub>3</sub> -65	6	70, 95
СС-90		10	35, 50
		6	120, 150
		10	70, 95
СС-100	То же с кожухом К <sub>3</sub> -75	6	185, 240
СС-100	Соединительная свинцовая с кожухом К <sub>3</sub> -75	10	120, 150
СС-110		10	185—240
КНА-I	Концевая с алюминиевым кожухом, с вертикальными вводами	6, 10	10—70
КНЧ-II	То же с чугунным кожухом	6, 10	95—240
КМА-I	Мачтовая с алюминиевым кожухом	6, 10	До 120
КМЧ-II	То же с чугунным кожухом	6, 10	150—240

Рис. 33-5. Муфта концевая трехфазная наружной установки.



## Список литературы

33-1. Справочник энергетика промышленных предприятий под ред. А. А. Федорова. М., Госэнергоиздат, 1961.

33-2. Каталог ЦИНТИ электротехнической промышленности 8103.

33-3. Каталог ВНИИЭМ (Информэлектро) 19.05.04-70.

33-4. Каталог ЦИНТИ электротехнической промышленности 8304.

33-5. Каталог (Информэлектро) 19.05.10-67.

33-6. Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1965.

## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ЧЕТВЕРТЫЙ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЩИТАМ, КОМПЛЕКТНЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВАМ, АВТОМАТАМ, ПУСКАТЕЛЯМ, РУБИЛЬНИКАМ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

## 34-1. ЩИТЫ СЕРИИ ЩОБ59

Щиты ЩОБ59 предназначены для работы в сетях трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением до 380 В внутренних электроустановок и являются комплектами устройств с блоками БПВ и БВ.

Нормальный режим работы аппаратов, установленных в этих комплектах устрой-

ствах, обеспечивается при установке их на высоте до 1000 м над уровнем моря, температурой окружающей среды в пределах  $\pm 35^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 70%.

Распределительные щиты ЩОБ59 — одностороннего обслуживания открытого исполнения изготавливаются в соответствии с ГОСТ 8333-57.

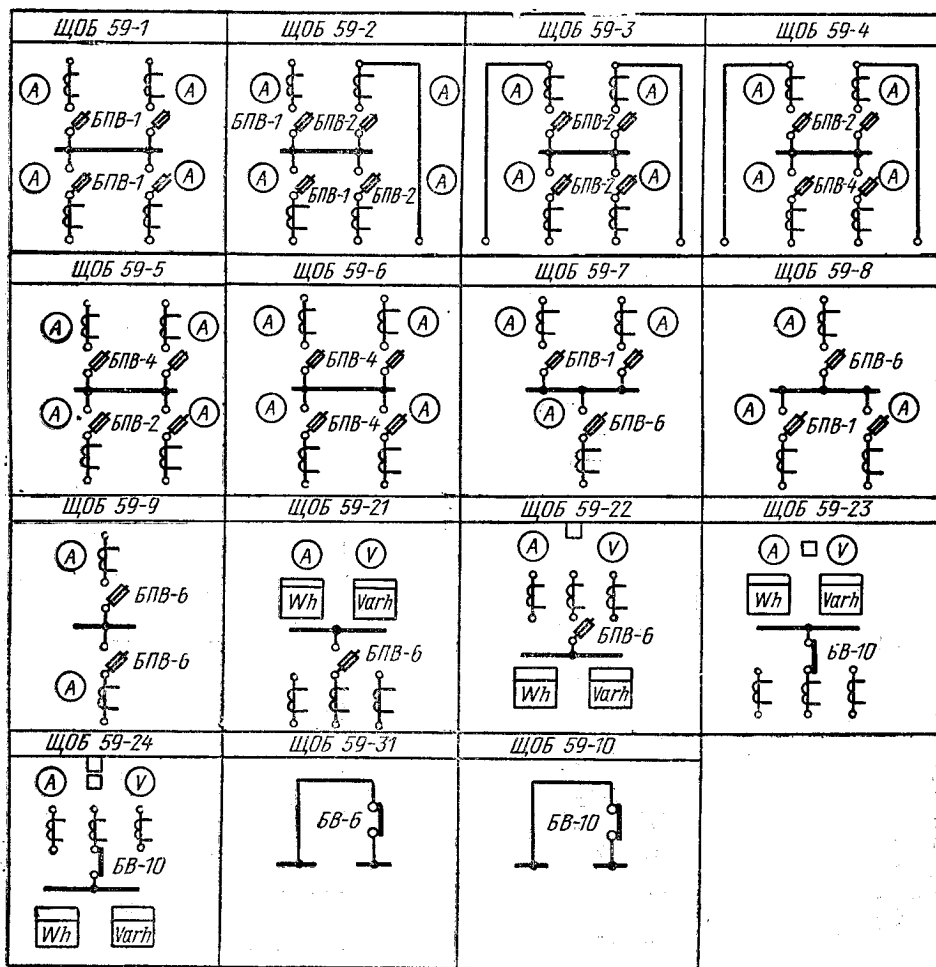


Рис. 34-1. Элементные схемы панелей щитов ЩОБ59.

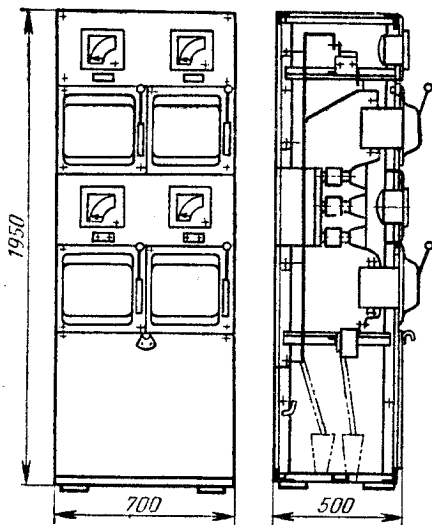


Рис. 34-2. Общий вид и габаритные размеры панелей ЩОБ59-3 и ЩОБ59-4.

**34-2. ПАНЕЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕРИИ ПРС I и ПРС II**

Панели серий ПРС I и ПРС II соответствуют требованиям ГОСТ 8333-57 и предназначены для комплектации распределительных щитов электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц при номинальном напряжении 500 В.

Нормальный режим работы аппаратов, размещенных на панелях, обеспечивается при установке щитов на высоте до 1 000 м над уровнем моря, при температуре окружающего воздуха в пределах  $\pm 35^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 70%.

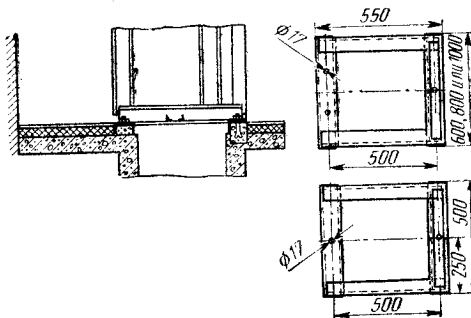


Рис. 34-4. Установка панелей щитов ПРС-I над кабельным каналом.

Ошиновка панелей ПРС I динамически устойчива при ударном токе короткого замыкания до 30 кА, а панелей ПРС II — до 50 кА. Ошиновка панелей обеих серий термически устойчива при значениях установившегося тока короткого замыкания до 10 кА при  $t_n \leq 0,5$  с.

Номенклатура и технические данные панелей ПРС I и ПРС II приведены в табл. 34-1.

Щит устанавливается над кабельным каналом; для крепления панелей к строительному основанию в их опорных поясах предусмотрены отверстия диаметром 17 мм.

**34-3. ПАНЕЛИ СЕРИИ ЩО59**

Панели серии ЩО59 380/220 В одно-стороннего обслуживания рассчитаны на

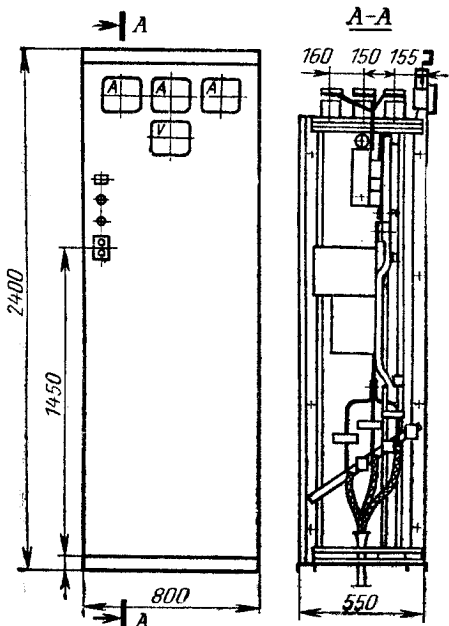


Рис. 34-3. Общий вид и габаритные размеры панелей ПРС-I.

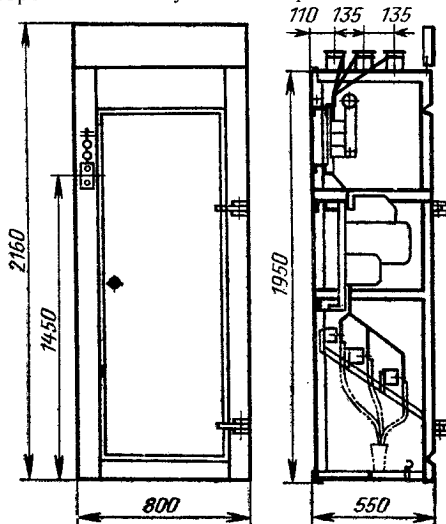


Рис. 34-5. Линейная панель щита ЩОБ59 с воздушным автоматическим выключателем типа АВМ10 на 1 500 А.

Таблица 34-1

## Номенклатура и технические данные панелей ПРС I и ПРС II

Тип панели	Номинальные токи присоединений, А	Коммутационные и защитные аппараты	Ширина, мм	Масса, кг
<b>Панели ПРС I</b>				
<i>Линейные</i>				
ПРС I-1 (A12416)	4×250	Рубильники с предохранителями ПН2	800	150
ПРС I-2 (A12426)	2×250+2×400	То же	800	150
ПРС I-3 (A12436)	2×100+2×250	» »	800	150
ПРС I-4 (A12446)	2×600	» »	800	180
ПРС I-5 (A1245a)	1×600	» »	600	128
ПРС I-12 (A1252a)	6×100	Автомат: А3120	800	160
ПРС I-13 (A1253a)	4×200	А3130	800	160
ПРС I-14 (A1254)	1×600	А3140	600	115
ПРС I-15 (A1255)	2×600	А3140	600	160
ПРС I-19 (A1259)*	1×400	АВМ4	600	161
ПРС I-23 (A1263)*	1×1 000	АВМ10	600	175
ПРС I-27 (A1267)*	1×1 500	АВМ15	800	267
<i>Вводные (ввод кабелем)</i>				
ПРС I-6 (A12466)	600	Рубильник с предохранителями ПН2	800	188
ПРС I-9 (A1249)	1 000	Рубильник	800	180
ПРС I-16 (A1256a)	600	Автомат: А3140	600	179
ПРС I-20 (A1260)**	400	АВМ4	600	179
ПРС I-24 (A1264)**	1 000	АВМ10	600	202
ПРС I-28 (A1268)**	1 500	АВМ15	800	283
<i>Вводные (ввод шинами)</i>				
ПРС I-7 (A12476)	600	Рубильник с предохранителями ПН2	600	150
ПРС I-10 (A1250a)	1 000	Рубильник	600	132
ПРС I-17 (A1257a)	600	Автомат: А3140	600	171
ПРС I-21 (A1261a)**	400	АВМ4	600	171
ПРС I-25 (A1265a)**	1 000	АВМ10	600	220
ПРС I-29 (A1269a)*	1 500	АВМ15	800	290
<i>Секционные</i>				
ПРС I-8 (A1248a)	600	Рубильники	300	41
ПРС I-11 (A1251)	1 000		300	43
ПРС I-18 (A1258a)	600	Автомат: А3140	600	181
ПРС I-22 (A1262)**	400	АВМ4	600	181
ПРС I-26 (A1266)**	1 000	АВМ10	600	229
ПРС I-30 (A1270)**	1 500	АВМ15	800	312
ПРС I- (A1271)	—	Торцовые	60	38
		Панели ПРС II		
<i>Линейные</i>				
ПРС II-1 (A12726)	4×250	Рубильники с предохранителями ПН2	800	165
ПРС II-2 (A12736)	2×250+2×400	То же	800	178
ПРС II-3 (A12746)	2×100+2×250	» »	800	168
ПРС II-4 (A12756)	2×600	» »	800	170
ПРС II-5 (A12766)	1×600	» »	600	117
ПРС II-12 (A1277a)	6×100	Автомат: А3120	800	132
ПРС II-13 (A1278a)	4×200	А3130	800	145
ПРС II-14 (A1279)	1×600	Автомат: А3140	600	113
ПРС II-15 (A1280)	2×600	А3140	800	159
ПРС II-19 (A1281)*	1×400	АВМ4	600	149
ПРС II-23 (A1283)*	1×1 000	АВМ10	600	176
ПРС II-27 (A1284)*	1×1 500	АВМ15	800	261
ПРС II-32 (A1282)*	2×400	АВМ4	1 000	243
<i>Вводные (ввод кабелем)</i>				
ПРС II-28 (A1285)**	1 500	Автомат: АВМ15	800	363
ПРС II-32 (A1288)**	2 000	АВМ20	1 000	357

Продолжение табл. 34-1

Тип панели	Номинальные токи присоединений, А	Коммутационные и защитные аппараты	Ширина, мм	Масса, кг
<i>Вводные (ввод шинами)</i>				
ПРСII-29(A1286a)**	1 500	Автомат: АВМ15	800	289
ПРСII-34(A1289a)**	2 000	АВМ20	1 000	368
<i>Секционные</i>				
ПРСII-30(A1287)	1 500	Автомат АВМ15	800	324
<i>Торцовые</i>				
ПРСI-(A1271)	—	—	60	38

\* С рычажным приводом.

\*\* С электродвигательным приводом.

Таблица 34-2

## Номенклатура и технические данные панелей ЩО59

Тип	Номинальные токи присоединений, А	Коммутационные и защитные аппараты	Ширина, мм	Масса, кг
<i>Линейные</i>				
ЩО59-1(A561)	2×100+2×250	Рубильники с предохранителями ПН2	800	132
ЩО59-2(A562)	4×250	То же	800	138
ЩО59-3(A563)	2×250+2×400	» »	800	145
ЩО59-4(A564a)	1×600	» »	800	129
ЩО59-13(A573a)	6×100	Автомат: А3120	800	130
ЩО59-14(A574)	4×200	А3130	800	139
ЩО59-15(A575)	2×600	А3140	800	128
ЩО59-16(A576a)*	1×400	АВМ4	800	149
ЩО59-17(A577a)*	1×1 000	АВМ10	800	179
<i>Вводные (ввод шинами)</i>				
ЩО59-5(A565a)	600	Рубильник с предохранителями ПН2	800	138
ЩО59-6(A566)	1 000	Рубильник	800	126
ЩО59-19(A578)*	1 000	Автомат: АВМ10	800	203
ЩО59-20(A579)*	1 500	АВМ15	800	272
ЩО59-9(A569)	—	—	300	32
ЩО59-10(A570)	—	—	300	52
<i>Вводные (ввод кабелем)</i>				
ЩО59-7(A567)	600	Рубильник с предохранителями ПН2	800	156
ЩО59-8(A568)	1 000	Рубильник	800	151
ЩО59-21(A580)*	1 000	Автомат: АВМ10	800	193
ЩО59-22(A581)*	1 500	АВМ15	800	246
<i>Секционные</i>				
ЩО59-11(A571a)	600	Рубильник	300	45
ЩО59-12(A572)	1 000	»	300	50
ЩО59-23(A582)	1 000	Автомат АВМ10	800	181
<i>Торцовые</i>				
ЩО59-18(A590)	—	—	60	39
<i>Компенсационные</i>				
ЩО59-24(A592)	600	Автомат: А3140	800	325
ЩО59-25(A593)	200	А3130	800	310
ЩО59-26(A594)	—	—	800	395

\* С электродвигательным приводом.



установку у стен электропомещений без защитных закрытых сверху и сзади.

Динамическая устойчивость ошиновки 30 кА. Сечение сборных шин обуславли-

вается заказом, но не должно превышать  $100 \times 10$  мм.

В панелях устанавливаются автоматы серии АВМ только с электродвигательными приводами.

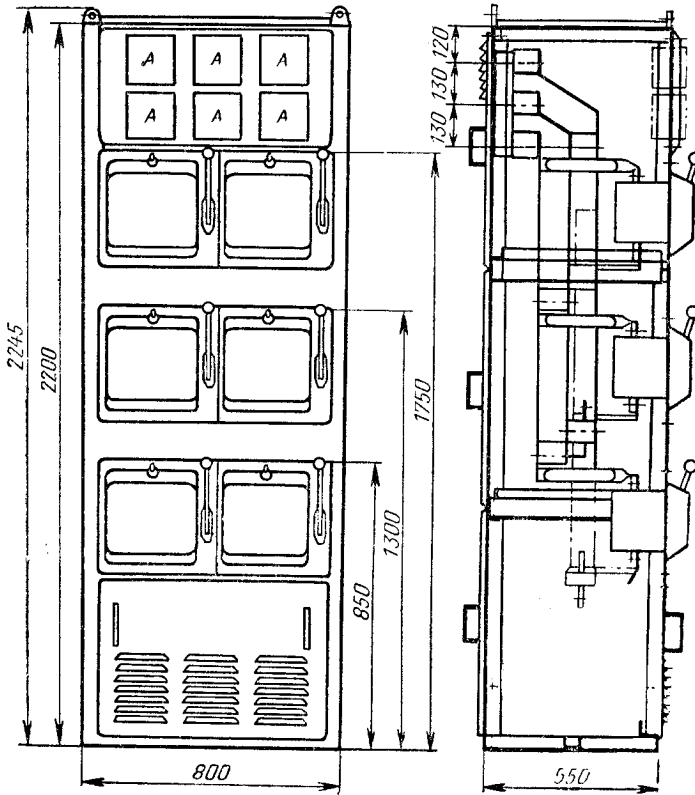


Рис. 34-6. Шкаф линейный с блоками БПВ-2.

#### 34.4. ПАНЕЛИ ПД И ШКАФЫ ШД

Панели ПД и шкафы ШД двустороннего обслуживания предназначены для комплектования распределительных щитов 380/220 В.

Динамическая устойчивость ошиновки 50 кА. Сечение сборных шин обуславливается заказом, но не должно превышать  $100 \times 10$  мм. Шкафы ШД закрыты сверху и сзади и устанавливаются в производственных помещениях.

Номенклатура и технические данные панелей и шкафов приведены в табл. 34-3.

#### 34.5. ПАНЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПНН С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВОЗДУШНЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ

Панели серии ПНН двустороннего обслуживания предназначены для приема и распределения электрической энергии пере-

менного трехфазного тока частотой 50 Гц при номинальном напряжении до 380 В в общепромышленном исполнении.

Панели предусматривают применение автомата типа АВ с электродвигательным приводом (оперативный ток — переменный). Эти панели применяются для комплектации силовых распределительных щитов тепловых электростанций и подстанций, а также щитов для других электрических установок, которым удовлетворяют схемы первичных и вторичных цепей отдельных панелей.

Панели устанавливаются в сухих закрытых помещениях, расположенных не выше 1000 м над уровнем моря; температура окружающей среды от  $+5$  до  $+35$  °С. Воздух помещений не должен содержать токопроводящей пыли и активных газов.

Технические данные панелей ПНН и ППН приведены в табл. 34-4.

Панели щита привариваются одна к другой и к уголку, укрепленному в фундаменте.

Таблица 34-3

## Номенклатура и технические данные панелей и шкафов

Тип		Номинальные токи присоединений, А	Коммутационные и защитные аппараты	Ширина, мм	Масса, кг	
панели	шкафа				панели	шкафа
<i>Линейные</i>						
ПД-1	ШД-1(А1852)	4×250+2×400	Блок предохранитель — выключатель БПВ	800	175	207
ПД-2	ШД-2(А1853)	6×250	То же	800	170	202
ПД-3	ШД-3(А1854)	6×100	» »	600	142	166
ПД-4	ШД-4(А1857)	2×600	» »	600	136	159
ПД-5	ШД-5(А1858а)	6×100	Автомат: А3120	600	95	118
ПД-6	ШД-6(А1868а)	4×200	А3130	600	107	130
ПД-7	ШД-7(А1869а)	1×600	А3140	600	86	109
ПД-8	ШД-8(А1871а)	2×600	А3140	600	113	136
ПД-9	ШД-9(А1881а)*	1×400	АВМ4	600	122	145
ПД-10	ШД-10(А1882а)*	1×1 000	АВМ10	600	127	150
ПД-35	ШД-35(А1848)**	1×400	АВМ4	600	198	222
ПД-36	ШД-36(А1849)**	1×1 000	АВМ10	600	210	234
ПД-37	ШД-37(А1847а)***	2×200+2×600	А3130, А3140	600	177	170
ПД-38	ШД-38(А1841)	4×100	Блок предохранитель — выключатель БПВ	600	140	154
ПД-39	ШД-39(А1842)	4×100	Автомат А3120	600	95	118
<i>Вводные (ввод щитами)</i>						
ПД-11	ШД-11(А1872а)	1 000	Блок «выключатель» БВ	600	120	143
ПД-12	ШД-12(А1873а)	1 000	То же	600	120	413
ПД-13	ШД-13(А1874а)	1 600	» »	600	128	151
ПД-14	ШД-14(А1875а)	1 600	» »	600	128	151
ПД-15	ШД-15(А1860а)	1 500	Автомат: АВМ15	1 000	319	355
ПД-16	ШД-16(А1861а)	1 500	АВМ15	1 000	314	350
ПД-17	ШД-17(А1862а)	2 000	АВМ20	1 000	379	415
ПД-18	ШД-18(А1863а)	2 000	АВМ20	1 000	374	410
ПД-30	ШД-30(А1883)	400	АВМ4	800	234	260
ПД-31	ШД-31(А1884)	400	АВМ4	800	234	260
ПД-33	ШД-33(А1850)	1 000	АВМ10	800	245	270
ПД-34	ШД-34(А1851)	1 000	АВМ10	800	245	270
<i>Вводные (ввод кабелем)</i>						
ПД-19	ШД-19(А1865)	600	Блок «предохранитель» выключатель БПВ	600	110	133
ПД-20	ШД-20(А1877)	1 000	Блок «выключатель» БВ	600	108	131
ПД-21	ШД-21(А1878)	1 600	То же	600	114	137
ПД-40	ШД-40(А1843)	400	Автомат: АВМ4	800	230	256
ПД-41	ШД-41(А1844)	1 000	АВМ10	800	240	265
ПД-42	ШД-42(А1845)	1 500	АВМ15	1 000	310	346
ПД-43	ШД-43(А1846)	2 000	АВМ20	1 000	370	405
<i>Секционные</i>						
ПД-22	ШД-22(А1879)	1 000	Блок «выключатель» БВ	600	107	130
ПД-23	ШД-23(А1880)	1 600	» »	600	114	137
ПД-24	ШД-24(А1867)	1 000	Автомат: АВМ10	800	254	290
ПД-25	ШД-25(А1886)	1 500	АВМ15	1 000	309	345
ПД-26	ШД-26(А1887)	2 000	АВМ20	1 000	361	397
ПД-32	ШД-32(А1885)	400	АВМ4	800	241	265
<i>Торцовые</i>						
ПД-27	(А1859)	—	—	—	26	—
ПД-28	(А1856)	—	—	—	26	—
ПД-29	(А1855)	—	—	—	26	—

\* С ручным непосредственным приводом.

\*\* С электродвигательным приводом.

\*\*\* Осветительная с общим учетом.

Монтаж на месте сводится к установке щита над кабельным каналом с подсоединением внешних связей к установке сборных шин, которые на период транспортировки демонтируются.

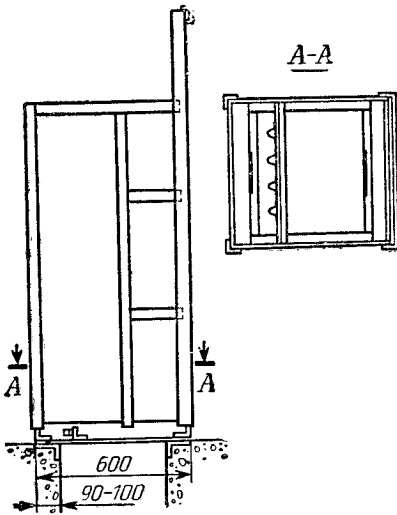


Рис. 34-7. Установка панели ПНН-02 на фундаменте над кабельным каналом.

Панели типов ПНН-01/2 и ПНН-02/2 предназначены для автоматического или

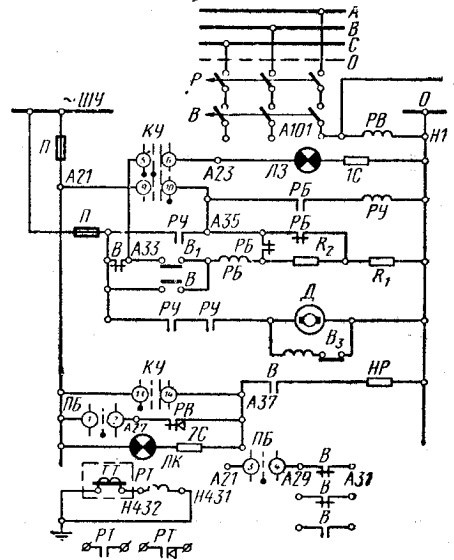


Рис. 34-9. Принципиальная схема первичной и вторичной коммутации панелей ПНН-01/2 и ПНН-02/2 с блоком КУ-109 (рабочий трансформатор). Трансформатор тока заводом не поставляется и устанавливается вне панели.

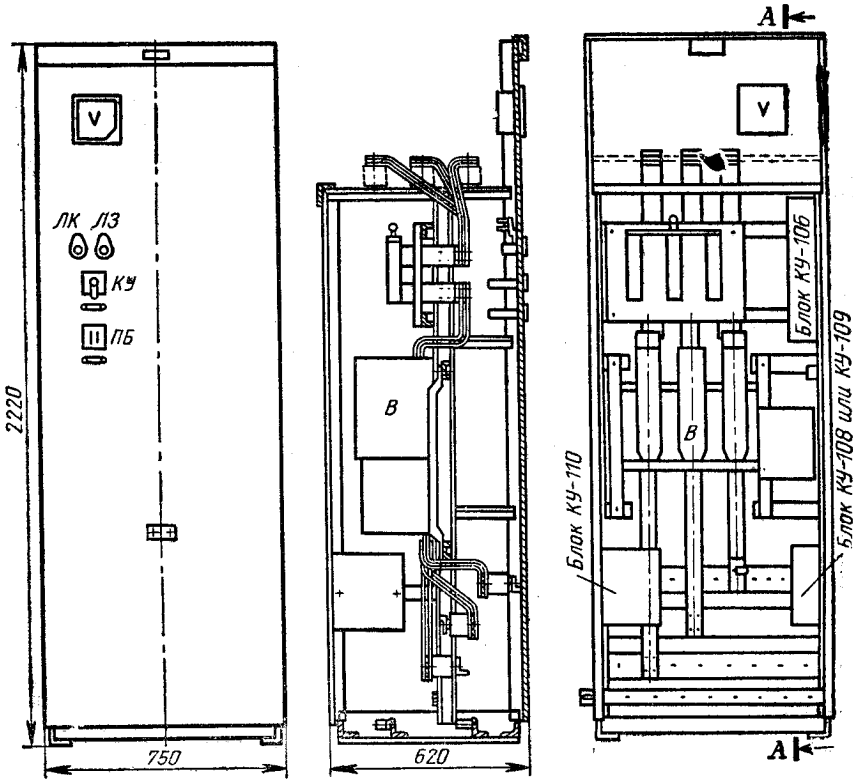


Рис. 34-8. Общий вид и габаритные размеры панели кабельного ввода типа ПНН-01/2.

Таблица 34-4

## Технические данные панелей ПНН и ППН

Тип панели	Назначение	Номинальный ток, А	Масса, кг
<i>Панели ПНН</i>			
ПНН-01/2	Панель кабельного ввода	1 500	230
ПНН-02/2	Панель шинного ввода	1 500	230
ПНН-03/2	Секционная панель	1 500	215
ПНН-05/2	Панель отходящих линий	1 000	200
ПНН-10/2	Панель отходящих линий	400	200
<i>Панели ППН</i>			
ППН-05К-60	Панель на пять отходящих линий	До 200	98
ППН-06-60	Панель контактора № 1 и секционного рубильника	До 400	130
ППН-08-60	Панель ввода и управления двигатель-генератором	До 400	150
ППН-09-60	1-е исполнение: панель контактора № 2 2-е исполнение: панель секционного контактора	До 300	138
ППН-10-60	Панель секционного автомата	До 400	117

ручного управления вводами питания распределительного щита низкого напряжения.

Схемы первичной и вторичной коммутации ввода от рабочего источника питания показаны на рис. 34-9.

### 34-6. ПАНЕЛИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД СЕРИИ ПСН

Панели серии ПСН предназначены для приема и распределения электрической энергии переменного трехфазного тока частотой 50 Гц при номинальном напряжении 380 В.

Панели серии ПСН применяются для комплектации щитов собственных нужд тепловых электростанций, а также щитов дру-

гих электрических установок, которым могут удовлетворять схемы первичных и вторичных цепей отдельных панелей.

Панели устанавливаются в сухих закрытых помещениях при отсутствии токопроводящей пыли и активных газов.

Распределительные панели серии ПСН шириной 900 мм, глубиной 800 мм, высотой от уровня пола 2 360 мм представляют собой металлическую сварную конструкцию, на которой установлены коммутационные и защитные аппараты.

Сборные шины выполняются из алюминиевых полос сечением 10×80 мм, а нулевая шина изготавливается из стальной полосы сечением 4×40 мм.

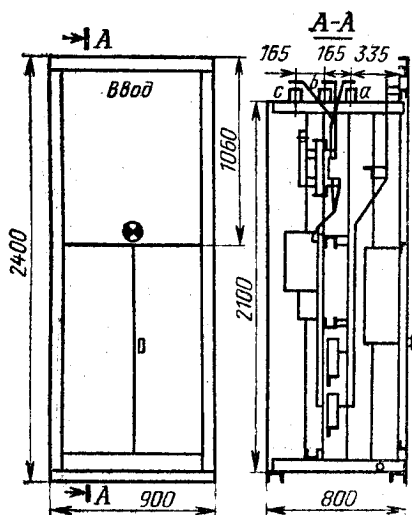


Рис. 34-10. Общий вид панелей ПСН-11 и ПСН-12.

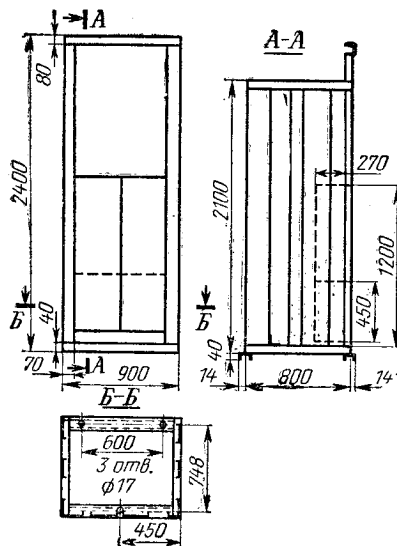


Рис. 34-11. Габаритные и установочные размеры панелей ПСН.

Каждая панель прикрепляется к фундаменту тремя анкерными болтами М16, для которых в основании панели предусмотрены три отверстия диаметром 17 мм.

В качестве защитных аппаратов от токов к.з. и перегрузок для панелей серии ПСН применяются автоматы:

типа АВМ на номинальные токи 1500, 1000 и 400 А (селективные и неселективные) с электродвигательным и рычажным приводами;

типа АЗ100 на номинальные токи 100 и 200 А;

типа АП-50.

В качестве коммутационных аппаратов применяются:

автоматы АВМ-4 — АВМ-15 с электроприводами и магнитные пускатели типа ПА (третьей, четвертой и пятой величин).

Динамическая устойчивость панелей не ниже динамической устойчивости установленной на них коммутационной аппаратуры, а динамическая устойчивость сборных шин и вводных панелей при токах к.з. — не ниже 50 кА.

### 34-7. ПАНЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА СЕРИИ ППН

Панели серии ППН двустороннего обслуживания предназначены главным образом для распределения электрической энергии постоянного тока, управления, защиты и автоматического ввода резервного питания электродвигателей котельной. Они могут быть применены для комплектации щитов и других электрических установок,

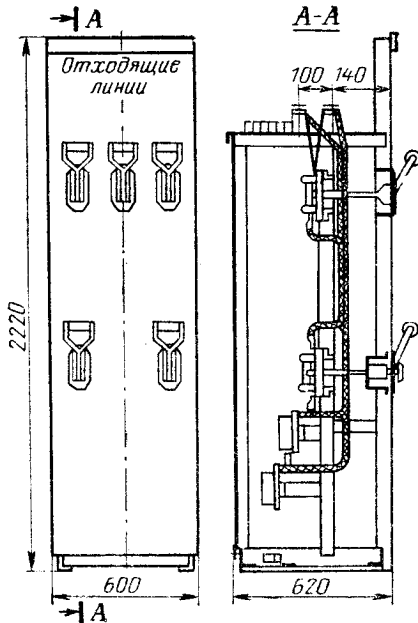


Рис. 34-12. Общий вид и габариты панели ППН-05к-60.

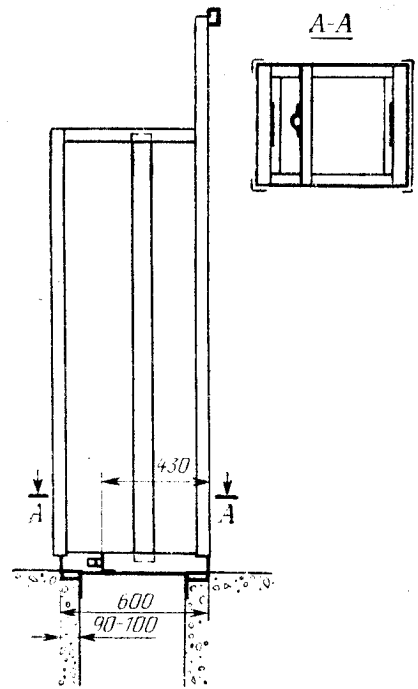


Рис. 34-13. Установка панелей типа ППН на фундаменте.

которым удовлетворяют схемы первичных и вторичных цепей отдельных панелей. Устанавливать и эксплуатировать панели можно только в сухих, закрытых помещениях, если в окружающем воздухе не содержится токопроводящей пыли и активных газов.

Установка панелей типа ППН на фундаменте приведена на рис. 34-13.

### 34-8. КОМПЛЕКТНЫЕ УСТРОЙСТВА КУ-61, КУ-64

Комплектные устройства КУ-61 и КУ-64 предназначены для управления, защиты и автоматического регулирования напряжения стационарных синхронных дизель-генераторов мощностью от 100 до 750 кВт, напряжением 400 В.

КУ-64, в отличие от КУ-61, дополнительно обеспечивают автоматическую работу дизеля по I степени автоматизации согласно ГОСТ 10032-62. Комплектные устройства устанавливаются в закрытых вентилируемых помещениях и применяются на сельских, коммунальных и промышленных электростанциях.

Комплектные устройства изготавливаются в общепромышленном и экспортном исполнениях и могут работать:

при температуре окружающей среды от 0 до +35 °С и относительной влажности до 70%;



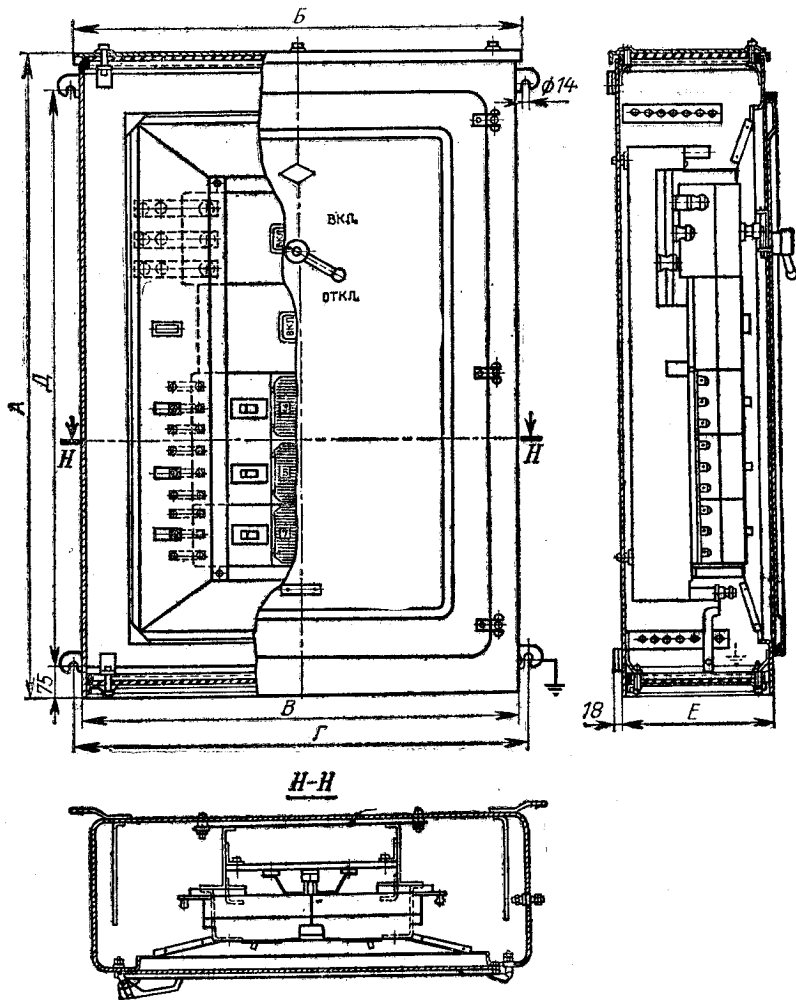
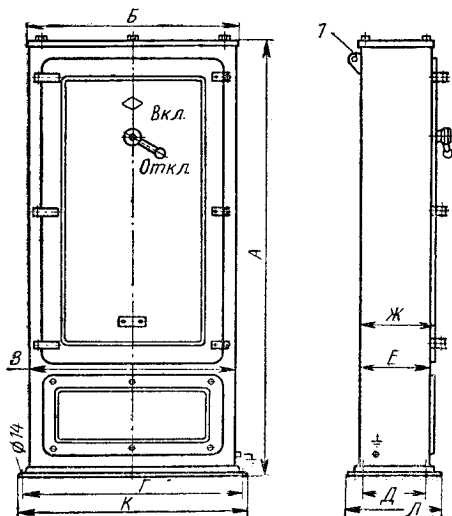


Рис. 34-15. Общий вид распределительного пункта серии 9200 навесного исполнения.



### 34-9. ПУНКТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕРИИ 9000

Распределительные пункты серии ПР-9000 с встроенными в них автоматическими выключателями серии АЗ100 предназначены для распределения электрической энергии и защиты электрических установок постоянного тока до 220 В или переменного тока до 500 В, частоты 50 и 60 Гц или осветительных цепей 380/220 В, при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых (до 6 включений в час) оперативных включений и отключений электрических цепей.

Распределительные пункты изготавливаются как в общепромышленном исполнении,

Рис. 34-16. Общий вид распределительного пункта серии 9300 напольного исполнения.

1 — транспортное ушко.

Таблица 34-6

**Технические данные распределительных пунктов общепромышленного исполнения с линейными выключателями А3161 и А3163**

Тип распределительного пункта		Количество встраиваемых выключателей			Тип распределительного пункта			Количество встраиваемых выключателей								
Исполнение		вводных	линейных		Исполнение			вводных	линейных							
утопленное	навесное		А3120	А3161	А3163	утопленное	навесное		напольное	А3120	А3130	А3161	А3163			
Ввод трубами		Номер схемы						Ввод трубами						Номер схемы		
ПР-9111	ПР-9212	101	—	—	ПР-9131	ПР-9232	—	205	1	—	3	3				
		102	—	3			—		206	1	—	6	2			
		103	—	6			—		207	1	—	9	1			
ПР-9121	ПР-9222	104	—	—	ПР-9121	ПР-9222	—	208	1	—	12	—				
		105	—	3			—		301	—	—	—	2			
		106	—	6			—		302	—	1	—	1			
		107	—	9			—		303	—	1	—	—			
		108	—	12			—		ПР-9131	ПР-9232	—	304	—	—	—	4
		109	—	—			—				305		—	1	—	3
		110	—	3			—				306		—	1	—	6
		111	—	6			—				307		—	1	—	9
		112	—	9			—				308		—	1	—	12
		113	—	12			—				309		—	1	—	—
		114	—	15			—				310		—	1	—	3
115	—	18	—	311	—	1	—	6								
ПР-9131	ПР-9232	116	—	—	—	—	—	312			—		—	9	3	
		117	—	3	—	—	—	313			—		—	12	2	
		118	—	6	—	—	—	314			—		—	15	1	
		119	—	9	—	—	—	315	—	—	18	—				
		120	—	12	—	—	—	ПР-9141	ПР-9242	ПР-9312	—	—	—	8		
		121	—	15	—	—	—				316	—	1	—	—	7
		122	—	18	—	—	—				317	—	1	—	3	3
		123	—	21	—	—	—				318	—	1	—	6	6
		124	—	24	—	—	—				319	—	1	—	9	5
		125	—	—	10	—	—				320	—	1	—	12	4
		126	—	3	9	—	—				321	—	1	—	15	3
		127	—	6	8	—	—				322	—	1	—	18	2
		128	—	9	7	—	—				323	—	1	—	21	1
		129	—	12	6	—	—				324	—	1	—	24	—
		130	—	15	5	—	—				325	—	1	—	—	10
		131	—	18	4	—	—				326	—	1	—	3	9
		132	—	21	3	—	—				327	—	1	—	6	8
133	—	24	2	—	—	328	—				1	—	9	7		
134	—	27	1	—	—	329	—				1	—	12	6		
135	—	30	—	—	—	330	—				1	—	15	5		
ПР-9121	ПР-9222	201	1	—	—	—	—				331	—	1	18	4	
		202	1	3	—	—	—	332	—	1	21	3				
		203	1	6	—	—	—	333	—	1	24	2				
ПР-9131	ПР-9232	204	1	—	—	—	—	334	—	1	27	1				
		—	—	—	—	—	—	335	—	1	30	—				

Таблица 34-7

**Технические данные распределительных пунктов общепромышленного исполнения с линейными выключателями А3120, А3130**

Тип распределительного пункта		Номер схемы		Количество встраиваемых выключателей				
Исполнение		для постоянного тока	для переменного тока	вводных			линейных	
навесное	напольное			А3120	А3130	А3140	А3120	А3130
ПР-9262	—	151	136	—	—	—	4	—
ПР-9262	—	152	137	—	—	—	6	—
ПР-9272	—	153	138	—	—	—	8	—
ПР-9282	ПР-9322	154	139	—	—	—	10	—
—	ПР-9332	155	140	—	—	—	12	—
ПР-9272	ПР-9322	156	141	—	—	—	—	3
ПР-9282	ПР-9332	157	142	—	—	—	—	4
ПР-9262	—	158	143	—	—	—	2	1



Продолжение табл. 34-7

Тип распределительного пункта		Номер схемы		Количество встраиваемых выключателей				
				вводных			линейных	
Исполнение		для постоянного тока	для переменного тока	АЗ120	АЗ130	АЗ140	АЗ120	АЗ130
навесное	напольное							
ПР-9272	ПР-9322	159	144	—	—	—	2	2
ПР-9282	ПР-9332	160	145	—	—	—	2	3
ПР-9272	ПР-9322	161	146	—	—	—	4	1
ПР-9282	ПР-9332	162	147	—	—	—	4	2
ПР-9272	ПР-9322	163	148	—	—	—	6	1
ПР-9282	ПР-9332	164	149	—	—	—	6	2
ПР-9282	ПР-9332	165	150	—	—	—	8	1
ПР-9262	—	211	209	1	—	—	4	—
ПР-9272	ПР-9322	212	210	1	—	—	6	—
ПР-9272	ПР-9322	342	336	—	1	—	4	—
ПР-9272	ПР-9322	343	337	—	1	—	6	—
ПР-9282	ПР-9332	344	338	—	1	—	8	—
—	ПР-9332	345	339	—	1	—	10	—
—	ПР-9332	346	340	—	1	—	12	—
ПР-9272	ПР-9322	347	341	—	1	—	2	1
ПР-9272	ПР-9322	416	401	—	—	1	4	—
ПР-9272	ПР-9322	417	402	—	—	1	6	—
ПР-9282	ПР-9332	418	403	—	—	1	8	—
—	ПР-9332	419	404	—	—	1	10	—
—	ПР-9332	420	405	—	—	1	12	—
ПР-9282	ПР-9332	421	406	—	—	1	—	3
—	ПР-9332	422	407	—	—	1	—	4
ПР-9272	ПР-9322	423	408	—	—	1	2	1
ПР-9282	ПР-9332	424	409	—	—	1	2	2
—	ПР-9332	425	410	—	—	1	2	3
ПР-9282	ПР-9332	426	411	—	—	1	4	1
—	ПР-9332	427	412	—	—	1	4	2
ПР-9282	ПР-9332	428	413	—	—	1	6	1
—	ПР-9332	429	414	—	—	1	6	2
—	ПР-9332	430	415	—	—	1	8	1

Примечание. В распределительные пункты постоянного тока встраиваются двухполюсные выключатели АЗ123, АЗ133, АЗ143; в распределительные

пункты переменного тока встраиваются трехполюсные выключатели АЗ124, АЗ134, АЗ144.

Таблица 34-8

## Габаритные, установочные размеры и масса распределительных пунктов ПР-9000

№ рисунка	Тип распределительного пункта	Размеры, мм									Масса, кг
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К	Л	
34-14	ПР-9111	720	635	—	—	420	—	—	—	—	60
	ПР-9121	930	845	—	—	630	—	—	—	—	75
	ПР-9131	1 140	1 055	—	—	840	—	—	—	—	95
	ПР-9141	1 340	1 255	—	—	1 040	—	—	—	—	115
34-15	ПР-9212	625	758	745	785	470	250	270	—	—	57
	ПР-9222	835	758	745	785	680	250	270	—	—	70
	ПР-9232	1 045	758	745	785	890	250	270	—	—	90
	ПР-9242	1 245	758	745	785	1 100	250	270	—	—	95
	ПР-9262	1 060	1 012	1 000	1 040	905	350	370	—	—	140
	ПР-9272	1 270	1 012	1 000	1 040	1 115	350	370	—	—	165
	ПР-9282	1 485	1 012	1 000	1 040	1 330	350	385	—	—	195
34-16	ПР-9312	1 700	758	745	815	210	250	270	865	370	160
	ПР-9322	1 700	1 012	1 000	1 070	310	350	370	1 120	470	210
	ПР-9332	2 200	1 012	1 000	1 070	310	350	385	1 120	470	300

так и в экспортном для стран с умеренным и тропическим климатом.

Распределительные пункты предназначены для работы в следующих условиях: высота над уровнем моря не более 1 000 м;

температура окружающего воздуха от +5 до +40 °С (для тропического исполнения от +5 до +45 °С);

относительная влажность окружающего воздуха не более 95% при температуре +25 °С и не более 50% при температуре +40 °С; окружающая среда — не содержащая газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенная водяными парами, а для неуплотненных распределительных пунктов — невзрывоопасная, не содержащая значительного ко-

личества пыли (в том числе и токопроводящей);

место установки распределительных пунктов — защищенное от попадания воды, масла, эмульсии, от непосредственного воздействия солнечной радиации, резких толчков (ударов) и сильной тряски.

Технические данные распределительных пунктов общепромышленного исполнения приведены в табл. 34-6, 34-7.

Номинальный ток распределительных пунктов в зависимости от фактической температуры среды вне шкафа, числа включенных выключателей и степени их загрузки определяется током, составляющим 0,8—0,9 номинального тока наибольшего расцепителя вводного выключателя.

Габаритные и установочные размеры распределительных пунктов приведены в табл. 34-8.

### 34-10. ПУНКТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕРИИ ПРБ-59

Распределительные пункты ПРБ-59 являются комплектными устройствами для распределения энергии в силовых сетях и изготавливаются в защищенном исполнении в соответствии с требованиями технических условий (№ 16-59 Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР). Номинальный ток пунктов 400 А.

Типовые обозначения пунктов приведены в табл. 34-9.

Ошиновка пунктов выполнена трубчатыми алюминиевыми шинами, соединенными между собой сваркой. Ошиновка динамически устойчива при ударном токе к.з. до 10 кА.

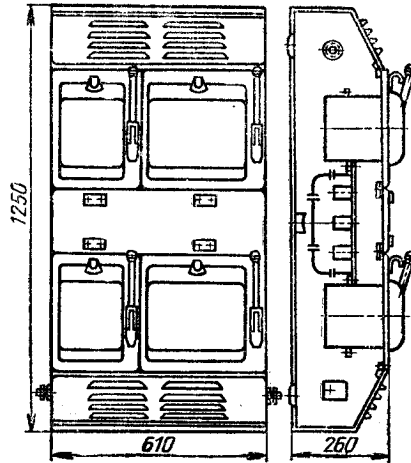


Рис. 34-17. Габаритные размеры распределительных пунктов ПРБ-59-41 и ПРБ-59-43.

Таблица 34-9

### Типовые обозначения, размеры и масса распределительных пунктов ПРБ

Тип распределительных пунктов	Количество установленных блоков			Размеры, мм			Масса, кг
	БПВ-1	БПВ-2	БПВ-4	Ширина	Глубина	Высота	
ПРБ-59-21	—	2	—	360	260	1 250	41,7
ПРБ-59-22	—	—	2	360	260	1 250	45,8
ПРБ-59-31	4	—	—	510	260	1 250	57,5
ПРБ-59-41	2	2	—	610	260	1 250	66,9
ПРБ-59-43	2	1	1	610	260	1 250	69,0
ПРБ-59-51	—	4	—	710	260	1 250	76,4
ПРБ-59-53	—	2	2	710	260	1 250	80,0
ПРБ-59-61	6	—	—	760	260	1 250	88,5

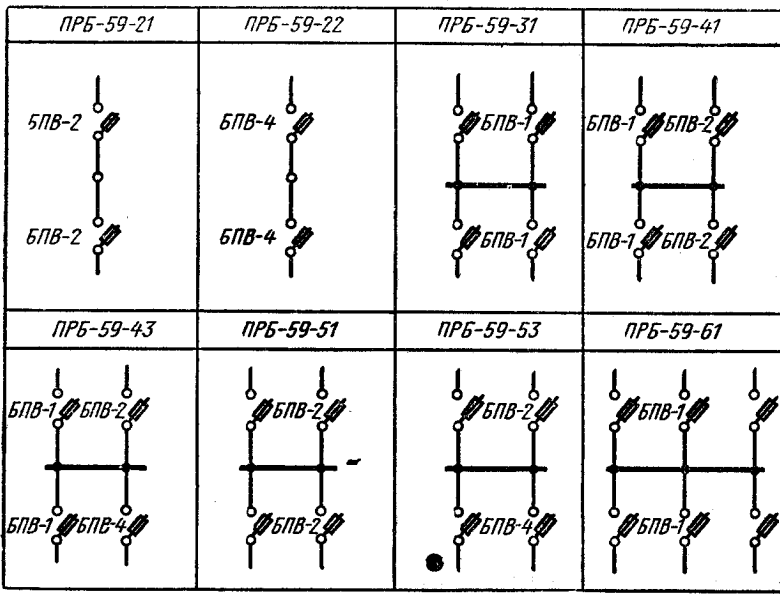


Рис. 34-18. Элементная схема распределительных пунктов РБ.

Технические данные шкафов серии СП62 и СПУ62

Таблица 34-10

Тип шкафа (схема ввода по ГОСТ 7145-54)			Номинальный ток шкафа вводного аппарата, А		Число групп и номинальные токи предохранителей, А	Размеры, мм	
I—с одним рубильником	II—с двумя рубильниками	III—с тремя рубильниками	рубильника	предохранителей		A	B
СП62-1/I СПУ62-1/I			250		5×60	380	500
СП62-2/I СПУ62-2/I					2×60+3×100		
СП62-3/I СПУ62-3/I					5×100		
СП62-4/I СПУ62-4/I					4×250		
СП62-5/I СПУ62-5/I	СП62-5/II СПУ62-5/II	СП62-5/III СПУ62-5/III	400	(только для шкафов по схеме III)	8×60	580	700
СП62-6/I СПУ62-6/I	СП62-6/II СПУ62-6/II	СП62-6/III СПУ62-6/III			4×60+4×100		
СП62-7/I СПУ62-7/I	СП62-7/II СПУ62-7/II	СП62-7/III СПУ62-7/III			8×100		
СП62-8/I СПУ62-8/I	СП62-8/II СПУ62-8/II	СП62-8/III СПУ62-8/III			2×60+4×100+ +2×250		
СП62-9/I СПУ62-9/I	СП62-9/II СПУ62-9/II	СП62-9/III СПУ62-9/III			5×100+2×250		
СП62-10/I СПУ62-10/I	СП62-10/II СПУ62-10/II	СП62-10/III СПУ62-10/III			6×250		
СП62-11/I СПУ62-11/I	СП62-11/II СПУ62-11/II	СП62-11/III СПУ62-11/III			2×100+2× ×250+2×400		

### 34-11. ШКАФЫ И ПУНКТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ

Шкафы силовые распределительные серий СП62 и СПУ62 (АО4) для приема и распределения электрической энергии трехфазного тока при напряжении 500 В изготавливаются на номинальные токи до 400 А с защитой отходящих линий предохранителями ПН2 и НПН2.

Исполнение шкафов СП62 защищенное, СПУ62 закрытое.

Допустимая нагрузка (по вводу) для шкафов СПУ62 70% нагрузки аналогичных шкафов СП62.

### 34-12. ПУНКТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОСНЫЙ ТИПА ПРП (А529)

Пункт распределительный переносный типа ПРП (А529) для питания от временных сетей 380/220 В с глухозаземленной нейтралью сварочных трансформаторов, переносного электрифицированного инструмента и местного освещения.

Пункт имеет зажимы 12 или 36 В (указать в заказе) и 380 и 220 В для присоединения двухпроводных групп.

### 34-13. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СБОРНЫЕ СЕРИИ РУС

Распределительные устройства сборные серии РУС предназначены для применения в качестве распределительных пунктов силовых и осветительных сетей в химической, нефтеперерабатывающей, газовой, машиностроительной и других отраслях промышленности, а также в сельском хозяйстве.

Они работают в следующих условиях: высота над уровнем моря не более 1 000 м;

температура окружающего воздуха от  $-40$  до  $+40$  °С (для тропического исполнения от  $-10$  до  $+45$  °С);

относительная влажность окружающего воздуха не более 95% при температуре  $+20$  °С (для тропического исполнения не более 95% при температуре  $+35$  °С);

отсутствие непосредственного воздействия солнечной радиации;

вибрация мест креплений с частотой до 25 Гц при ускорении не более 0,7 g;

рабочее положение — вертикальное с допуском отклонения на  $5^\circ$  в любую сторону;

наружные установки — под навесом.

Распределительные устройства имеют следующие исполнения: водозащищенное, пыленепроницаемое; химостойкое (водозащищенное, пыленепроницаемое); тропическое.

Распределительные устройства химостойкого исполнения предназначены для работы при температуре до  $+40$  °С и относительной влажности до 95% при  $+20$  °С в следующих химически активных средах нормальной концентрации, г/м<sup>3</sup>:

Пары азотной кислоты . . . . .	0,005
Пары серной кислоты или серный ангидрид . . . . .	0,002
Пары соляной кислоты или хлористый водород . . . . .	0,01
Аммиак . . . . .	0,02
Сернистый ангидрид . . . . .	0,02
Хлор . . . . .	0,001
Смеси:	
SO <sub>2</sub> +HCl . . . . .	0,02+0,01
SO <sub>3</sub> +Cl . . . . .	0,012
SO <sub>3</sub> +окислы азота . . . . .	0,002+0,005
SO <sub>3</sub> +SO <sub>2</sub> . . . . .	0,002+0,02
Номинальное напряжение силовых цепей, В:	
переменного тока . . . . .	380 и 660
постоянного тока . . . . .	440
Частота, Гц . . . . .	50—60
Номинальное напряжение цепей управления, В . . . . .	Не выше 380
Номинальный ток сборных шин, А . . . . .	160, 250, 400, 630

Распределительные устройства сборные комплектуются из отдельных ящиков со сборными шинами и электрическими аппаратами по любым электрическим схемам и поставляются в собранном виде на металлическом каркасе, предназначенном для установки на полу и стене.

Таблица 34-11

#### Технические данные сборных шин ящиков

Тип ящика	Сборные шины			
	Материал	Сечение, мм	Номинальный ток, А	Ударный ток к. з., А
ЯШ-1 — ЯШ-4	Медь	∅8	160	25
ЯШП-1 — ЯШП-3		∅11	250	25
ЯШ-5 — ЯШ-8		4×35	400	25
ЯШП-1 — ЯШП-3		8×35	630	50

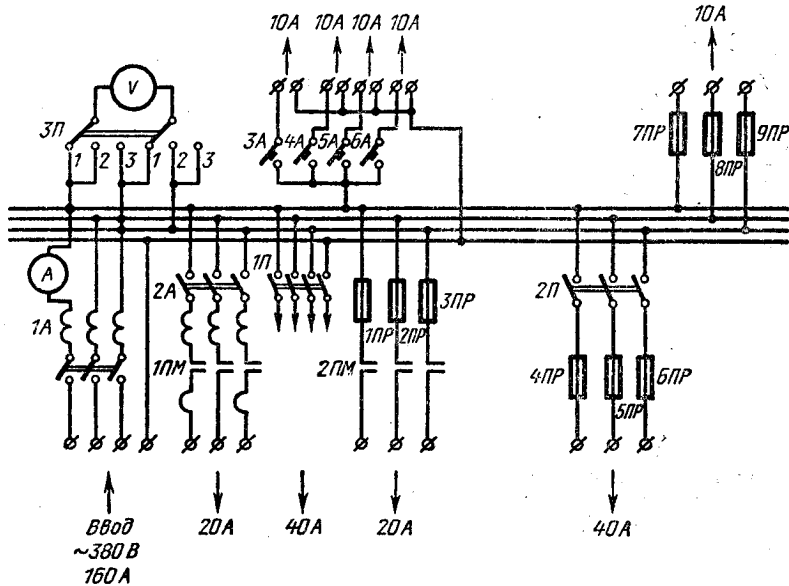


Рис. 34-19. Принципиальная схема распределительного устройства серии РУС.

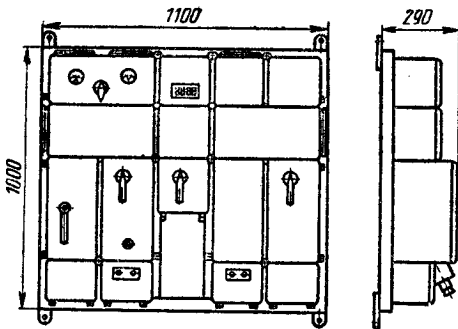


Рис. 34-20. Общий вид и габаритные размеры распределительного устройства серии РУС.

**34-14. НИЗОВОЛЬТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С УСТАНОВОЧНЫМИ АВТОМАТАМИ СЕРИИ СУ9 400 и СУ9 500**

Групповые осветительные щитки серии СУ9 400 со встроенными в них установочными автоматическими выключателями типов А3161 и А3163 предназначены для защиты осветительных установок с трех- и четырехпроводной (с заземленной нейтралью) системой распределения трехфазного переменного тока 50 Гц, 380/220 В при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых оперативных включений и отключений. Силловые распределительные пункты серии СУ9500 со встроенными в них устано-

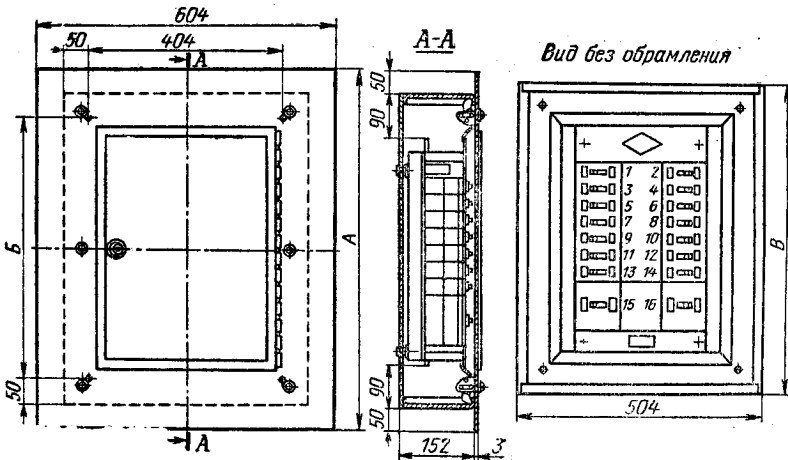


Рис. 34-21. Общий вид осветительного щитка серии СУ9-400.

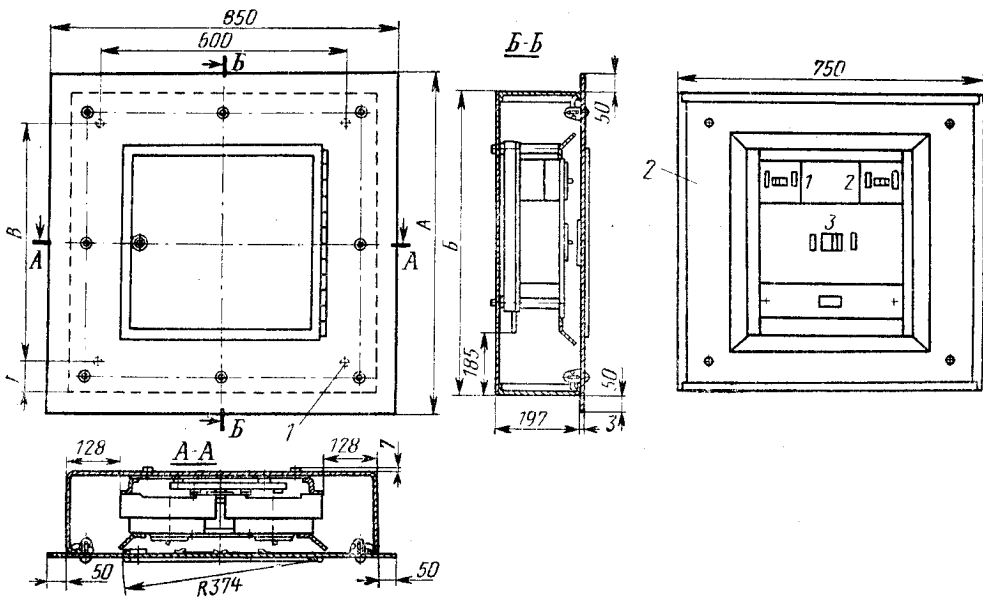


Рис. 34-22. Общий вид распределительного пункта серии СУ9-500.

1 — отверстия для крепления шкафа; 2 — вид без обрамления.

Таблица 34-12

### Габаритные и установочные размеры распределительных устройств серии СУ9 400 и СУ9 500

Осветительные щитки СУ9-400					Силовые пункты СУ9-500					
Габарит	Тип щитка	Размеры, мм			Габарит	Тип пункта	Размеры, мм			
		А	Б	В			А	Б	В	Г
I	СУ9 441	540	340	440	I	СУ9 541	850	750	600	75
II	СУ9 442	610	410	510	II	СУ9 542	1 060	960	510	75
III	СУ9 443	680	480	580	III	СУ9 543	1 165	1 065	910	77,5
IV	СУ9 444	750	550	650						
V	СУ9 445	925	725	825						

вочными автоматическими выключателями типов А3110 и А3130 применяются в силовых установках с двухпроводной системой распределения постоянного тока до 220 В, с трех- и четырехпроводной системой распределения трехфазного переменного тока 50 Гц, 380 В.

Щитки и силовые пункты могут применяться для работы при окружающей температуре в пределах от +5 до +40 °С на высоте до 1 000 м над уровнем моря в сухих и чистых помещениях и при относительной влажности воздуха не более 75%.

Они не рассчитаны для работы в следующих условиях:

- в среде, насыщенной токопроводящей пылью;
- в среде, насыщенной водяными парами, или в местах, не защищенных от попадания воды;
- в среде, содержащей едкие пары и газы в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию;

- во взрывоопасной среде;
- при сотрясениях и сильной вибрации.

Максимальная нагрузка на главные шины силовых пунктов 400 А; на нулевую шину 200 А.

Габаритные и установочные размеры распределительных пунктов приведены в табл. 34-12.

### 34-15. ВВОДНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СЕРИИ ВРУ

Вводно-распределительные устройства серии ВРУ (А1640) для общественных зданий и жилых домов повышенной этажности предназначены для приема и распределения электрической энергии и защиты предохранителями типа ПН-2 отходящих линий в сетях трехфазного тока напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

Комплекуются из вводных ВРУ-В1 — ВРУ-В3 и распределительных ВРУ-Р12 — ВРУ-Р20 панелей шкафного типа одностороннего обслуживания. Поставляются с аппаратурой, со всеми внутренними электрическими соединениями и с проводами межпанельных соединений.

Номинальный ток переключателей и предохранителей для панелей: ВРУ-В1 250 А, ВРУ-В2 400 А и ВРУ-В3 250 и 400 А.

Габаритные размеры всех панелей 1700×800×500 мм.

### 34-16. ЩИТКИ (ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ, ЭТАЖНЫЕ И КВАРТИРНЫЕ) ЗАЩИЩЕННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Щитки применяются для приема и распределения электрической энергии и защиты от перегрузок и токов короткого замыкания групповых линий в сетях с глухозаземленной нейтралью при напряжении 380/220 В.

Основные данные щитков приведены в табл. 34-13.

Таблица 34-13

Основные данные осветительных, этажных и квартирных щитков

Наименование	Серия или тип	Укомплектован		Номинальный ток распейтателя (одинаковый для щитка или плавкой вставки), А	Место установки
		Ввод	Отходящие линии		
Щиток осветительный	ОП ОЩ и ОЩВ  УОЩВ	Зажимами Автоматом АЗ114/7 или зажимами Автоматом АЗ114/7	Автоматами АБ25 Автоматами АЗ161 или АЗ163	15 или 20 15, 20 или 25	На стене На стене
			Автоматами АЗ161	15, 20 или 25	В нише
Щиток этажный	ЩУЭ-4 (А174м)	Четырьмя двухполюсными выключателями То же —	Двумя автоматами АБ25	15	В нише 940× ×500×140 мм
	ЩУЭ-4п (А328) ЩЭ-7 ЩЭ-8		Тремя автоматами АБ25 Четырьмя автоматами АБ25 или предохранителями Ц27	Один—25 и два—15 15 для АБ25 10 для Ц27	В нише 940× ×500×140 мм В нише 300× ×270×125
Щиток квартирный	ЩК-10 ЩК-12	—	Предохранителями Ц27 (по два на группу)	10	На стене
	ЩК-13 ЩК-16	Двухполюсными выключателями	Автоматами АБ25 (по 1 на группу) или предохранителями Ц27 (2 на группу)	15 10	В нише 635× ×270×125 мм
	ЩК-15п (А157Па)	Двухполюсными выключателями	Тремя автоматами АБ25 (по одной на группу)	Один — 25 и два — 15	В нише 535× ×270×125 мм
Электрощкаф совмещенный этаж	ЩС-1м (А123б)	Четырьмя двухполюсными выключателями	Четырьмя счетчиками СО-2м и двумя АБ25 (по одной на группу)	15	В нише 950× ×900×140 мм
Щиток осветительный групповой	ЩО-31-21	Автоматическим выключателем АЗ110	Автоматическим выключателем 6АЕ1000	Суммарный ток нагрузки главных шин не более 100 А	В нишах
	ЩО-31-32 ЩО-31-43 ЩО-31-44 ЩО-32-21	Неавтоматическим выключателем АЗ110	12АЕ1000 18АЕ1000 24АЕ1000 6АЕ1000		
ЩО-32-32 ЩО-32-43 ЩО-32-44 ЩО-33-15 ЩО-33-26 ЩО-33-27 ЩО-33-38			12АЕ1000 18АЕ1000 24АЕ1000 6АЕ1000 12АЕ1000 18АЕ1000 24АЕ1000		

## 34-17. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДУШНЫЕ (АВТОМАТЫ)

Таблица 34-14

Краткие сведения об основных автоматических выключателях

Серия		«Электрон»	АВМ	А3700	АС, АМ	АГ
Применение в цепях	Переменного тока, В	До 660	До 500	660	400	400
	Постоянного тока, В	До 440	До 460	440	230	—
	Частотой, Гц	50 или 60	50 или 60	50 и 60	50	500
Исполнение		Общепромышленное Тропическое Установки в шкафах	Общепромышленное Тропическое Морское	Общепромышленное Тропическое	—	
Температура окружающего воздуха, °С	Общепромышленное	От -40 до +40 °С	От -25 до +40	От -40 до +40 °С	—	
	Тропическое	От -10 до +45 °С	От -25 до +45	От -40 до +45 °С	—	
Относительная влажность	Общепромышленное	90% при +20 °С и не более 50% при +40 °С	90%* при +25 °С и не более 50% при +40 °С	95% при +20 °С и не более 50% при +40 °С	—	
	Тропическое	98% при +35 °С и не более 50% при +40 °С	95% при +35 °С	95% при +35 °С	—	
Условные обозначения или величины		Э06—630 А Э10—1 000 А Э16—1 600 А Э25—2 500 А Э40—4 000 А	1 АВМ4 — на 400 А 2 АВМ10 — на 1 000 А 3 АВМ15 — 1 500 А 4 АВМ20 — на 2 000	I — на 160 А II — на 250 А III — на 400 А IV — на 630 А	800 1 500 2 500	800 1 000 1 500

\* Для морского исполнения 95±3% при +25 °С.

## Технические данные выключателей серии «Электрон»

Таблица 34-15

Данные выключателя			Данные реле МТЗ		Вид до-бавочного расцепителя	Установки реле МТЗ				
Тип	Номинальный ток, А	Исполнение конструкции	Номинальный ток, А	Исполнение по виду действия		Токи срабатывания, кратные $I_n$		Выдержка времени срабатывания, с		
						При перегрузке	При коротком замыкании	При коротком замыкании	При $6I_n$	При $I_n$
Э06М	630	Стационарный	250	Мгновенное	Независимый или минимального напряжения	1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э06З		Выдвижной	400	Замедленное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8; 12*	M** 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э06МБ		Выдвижной в ячейке РУ	630	Мгновенное		1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э06ЗВ			Замедленное	0,8; 1; 1,2; 1,5		4; 8; 12*	M** 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200	
Э06Б			Стационарный	Без реле МТЗ		—	—	—	—	—
Э06БВ		Выдвижной в ячейке РУ	Без реле МТЗ	—		—	—	—	—	



Продолжение табл. 34-15

Данные выключателя			Данные реле МТЗ			Установки реле МТЗ				
Тип	Номинальный ток, А	Исполнение конструкции	Номинальный ток, А	Исполнение по виду действия	Вид до-бавочного расцепителя	Токи срабаты-вания, кратные $I_n$		Выдержки времени сра-батывания, с		
						При пере-грузке	При ко-ротком замыка-нии	При ко-ротком замыка-нии	При $6T_n$	При $7T_n$
Э10М	1 000	Стацио-нарный	630 1 000	Мгновен-ное	Независи-мый или минимального напря-жения	1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э10З		Выдвиж-ной		Замедлен-ное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8; 12*	M**, 0,25 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э10МБ				Мгновен-ное		—	—	—	—	—
Э10ЗВ				Замедлен-ное		—	—	M**, 0,25 0,45; 0,7	4; 10 20	100; 150; 200
Э10Б				Стацио-нарный		Без реле МТЗ	—	—	—	—
Э10БВ		Выдвиж-ной		—		—	—	—	—	—
Э16М	1 600	Стацио-нарный	1 000	Мгновен-ное	Независи-мый или минимального напря-жения	1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э16З		Выдвиж-ной		Замедлен-ное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8; 12*	M**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э16МВ				Мгновен-ное		1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э16ЗВ				Замедлен-ное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8; 12*	M**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э16Б				Стацио-нарный		Без реле МТЗ	—	—	—	—
Э16БВ		Выдвиж-ной		—		—	—	—	—	—
Э25М	2 500	Стацио-нарный	1 600	Мгновен-ное	Независи-мый или минимального напря-жения	1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э25З		Выдвиж-ной		Замедлен-ное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8	M**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э25МВ				Мгновен-ное		1; 1,5; 2	—	—	—	—
Э25ЗВ				Замедлен-ное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 8	M**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200
Э25Б				Стацио-нарный		Без реле МТЗ	—	—	—	—
Э25БВ		Выдвиж-ной		—		—	—	—	—	—

Продолжение табл. 34-15

Данные выключателя			Данные реле МТЗ		Вид добавочного расцепителя	Установки реле МТЗ															
Тип	Номинальный ток, А	Исполнение конструкции	Номинальный ток, А	Исполнение по виду действия		Токи срабатывания, кратные $I_n$		Выдержки времени срабатывания, с													
						При перегрузке	При коротком замыкании	При коротком замыкании	При $6I_n$	При $I_n$											
Э40М	4 000	Стационарный	2 500	Мгновенное	Независимый или минимального напряжения	1; 1,5; 2	—	—	—	—											
Э40З				Замедленное		0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 6	М**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200											
Э40МВ				Мгновенное		1; 1,5; 2	—	—	—	—											
Э40ЗВ		Выдвижной		4 000		Замедленное	—	—	0,8; 1; 1,2; 1,5	4; 6	М**, 0,25; 0,45; 0,7	4; 10; 20	100; 150; 200								
Э40Б														Стационарный	Без реле МТЗ	Независимый и минимального напряжения	—	—	—	—	—
Э40БВ														Выдвижной			—	—	—	—	—

\* Для переменного тока.

\*\* Собственное время срабатывания автоматического выключателя.

Таблица 34-16

## Коммутационная способность и термическая устойчивость выключателей «Электрон»

Тип выключателя	Наибольшее амплитудное значение тока, кА		Отключаемый ток. Действительное значение симметричной составляющей, кА		Коэффициент мощности для 380 и 660 В	Постоянный ток, кА (постоянная времени 0,01 с)		Термическая устойчивость $A^2 \cdot c$
	Переменный ток, 50 Гц					440 В	220 В	
	380 В	660 В	380 В	660 В				
Э06 Э06В	50	35	25	15	0,25	25	35	$437 \cdot 10^6$
Э10 Э10В	84	70	40	30	0,25	40	50	$1 120 \cdot 10^6$
Э16 Э16В	84	70	40	30	0,2	45	55	$1 850 \cdot 10^6$
Э25 Э25В	100	70	45	35	0,2	45	55	$4 500 \cdot 10^6$
Э40 Э40В	160	104	65	50	0,2	55	65	$11 520 \cdot 10^6$

Таблица 34-17

## Исполнение автоматов серии АВМ по условиям работы конструкции и виду максимально-токовой защиты

Тип автомата	Исполнение		Номинальный ток, А	
	По конструктивному исполнению	По виду максимально-токовой защиты	Постоянный	Переменный
АВМ4Н АВМ4НМ АВМ4НТ	Стационарный	Неселективный	400	—

Продолжение табл. 34-17

Тип автомата	Исполнение		Номинальный ток, А	
	По конструктивному исполнению	По виду максимальной токовой защиты	Постоянный	Переменный
АВМ4НВ АВМ4НВТ	Выдвижной	Неселективный	400	—
АВМ4С АВМ4СМ АВМ4СТ	Стационарный	Селективный	400	—
АВМ4СВ АВМ4СВТ	Выдвижной			
АВМ10Н	Стационарный	Неселективный	1 000	—
АВМ10НМ АВМ10НТ АВМ10НТ			800	—
АВМ10НВ АВМ10НВТ			Выдвижной	750
АВМ10С	Стационарный	Селективный	1 000	—
АВМ10СМ АВМ10СТ			800	—
АВМ10СВ АВМ10СВТ			Выдвижной	750
АВМ15Н	Стационарный	Неселективный	1 500	1 500
АВМ15НМ			1 500	1 400
АВМ15НТ			1 200	1 200
АВМ15НВ	Выдвижной	Неселективный	1 500	1 500
АВМ15НВТ			1 000	1 000
АВМ15С	Стационарный	Селективный	1 500	1 500
АВМ15СМ			1 500	1 400
АВМ15СТ			1 200	1 200
АВМ15СВ	Выдвижной	Селективный	1 150	1 150
АВМ15СВТ			1 000	1 000
АВМ20Н	Стационарный	Неселективный	2 300	2 000
АВМ20НМ			2 000	1 800
АВМ20НТ			2 000	1 800
АВМ20НВ	Выдвижной	Неселективный	2 000	1 500
АВМ20НВТ			2 000	1 500

Продолжение табл. 34-17

Тип автомата	Исполнение		Номинальный ток, А	
	По конструктивному исполнению	По виду максимальной токовой защиты	Постоянный	Переменный
АВМ20С	Стационарный	Селективный	2 300	2 000
АВМ20СМ			2 000	1 800
АВМ20СТ			2 000	1 800
АВМ20СВ	Выдвижной		2 000	1 500
АВМ20СВТ			2 000	1 500

Примечание. Исполнение автоматов: Н — нормальный, М — морской, Т — тропический.

Автоматические выключатели применяются для защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях, а также для нечастых (до 5 раз в сутки) включений и выключений электрических цепей при номинальных режимах работы, в том числе асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Краткие сведения основных автоматов приведены в табл. 34-14.

Технические данные выключателей серии «Электрон» приведены в табл. 34-15.

Коммутационная способность и термическая устойчивость выключателя серии «Электрон» приведены в табл. 34-16.

Исполнение автоматов серии АВМ по условиям работы, конструкции и виду максимальной токовой защиты приведено в табл. 34-17.

Основные технические данные выключателей серии АЗ700 приведены в табл. 34-18.

#### 34-18. ПУСКАТЕЛИ МАГНИТНЫЕ

Магнитные пускатели предназначены для управления (пуска, останова и реверса) трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором; для включения и отключения нагревателей и других приборов переменного тока.

Основные технические данные пускателей приведены в табл. 34-19.

Таблица 34-18

#### Основные технические данные выключателей АЗ700

Тип	Данные выключателя		Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	Номинальное напряжение, В	Предельная коммутационная способность (ампл.), А	Уставка по току срабатывания	
	Исполнение по роду защиты	Величина					
АЗ710Б	Токоограничивающее (с полупроводниковыми расцепителями максимального тока)	I	160	20—40 40—80 80—160	660	18 000 36 000 40 000	(3—10) $I_n$
				20—40 40—80 80—160	400	100 000*	(2—6) $I_n$
АЗ720Б		II	250	160—250	660 440	40 000 100 000	(3—10) $I_n$ (2—6) $I_n$
АЗ730Б		III	400	160—250 250—400	660	55 000	(3—10) $I_n$
				160—250 250—400	440	100 000*	(2—6) $I_n$
АЗ740Б		IV	630	250—400 400—630	660	60 000	(3—10) $I_n$

Продолжение табл. 34-18

Данные выключателя				Пределы регулирования номинального тока расцепителя, А	Номинальное напряжение, В	Предельная коммутационная способность (ампл.), А	Уставка по току срабатывания
Тип	Исполнение по роду защиты	Величина	Номинальный ток, А				
А3710Б	Токоограничивающее (с электромагнитными расцепителями максимального тока)	I	160	—	660	40 000	400±60А 630±90А 1 000±150А 1 600±240А
				—	440	100 000	600±90А 750±110А 960±140А
А3720Б	Токоограничивающее (с электромагнитными расцепителями максимального тока)	II	250	—	660	40 000	1 600±240А 2 000±300А 2 500±370А
				—	440	100 000*	960±140А 1 200±180А 1 500±220А
А3730Б	Токоограничивающее (с электромагнитными расцепителями максимального тока)	III	400	—	660	55 000	2 500±370А 3 200±480А 4 000±600А 2 400±360А
				—	440	100 000*	
А3740Б	Токоограничивающее (с электромагнитными расцепителями максимального тока)	IV	630	—	660	60 000	4 000±600А 5 000±750А 6 300±950А 3 800±570А
				—	440	100 000*	
А3730С	Селективное (с полупроводниковыми расцепителями максимального тока)	III	400	160—250 250—400	660 440	50 000 50 000	(3—10) I <sub>н</sub> (2—6) I <sub>н</sub>
А3740С		IV	630	250—400 400—630	660 440	60 000 35 000	(3—10) I <sub>н</sub> (2—6) I <sub>н</sub>

\* Все отмеченные типы токоограничивающих выключателей допускают один цикл «выключение — отключение» или один цикл «отключение»

в контуре с током 200 А при номинальном напряжении 220 В и постоянной времени цепи не более 0,01 с.

### 34-19. РУБИЛЬНИКИ, РУБЯЩИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ, БЛОКИ «РУБИЛЬНИК — ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ» И «ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ — ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ»

Основные технические данные приведены в табл. 34-20.

### 34-20. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Основные технические данные предохранителей приведены в табл. 34-21.

Таблица 34-19

Основные технические данные магнитных пускателей

Серия	Тип	Максимальная мощность управляемого электродвигателя, кВт, при напряжении:					Номинальный ток, А	Исполнение по защите от воздействия окружающей среды	Температура окружающей среды, °С	Влажность, %
		36 В	127 В	220 В	380 В	530 В				
ПЗ	П6, П63ТА, П63ТА, П61, П62ТА, П64ТА, П62ТВ	—	1	1,7	2,8	—	10	Открытое, защищенное, пыленепроницаемое	От -40 до +35	95 при +20 °С
		—	4,2	7,5	12,8	15	25			
ПМ-701	ПМ-711А-100 ПМ-721А-100	—	17,4	31	54,5	—	100	Повышенной надежности против взрыва, тропическое	От -30 до +35 и до +40 для «Г»	95 для «Г»
		—	33,5	58	100	135	250			
		—	4,2	7,5	12,8	15	25			
ПМ-702	ПМ-702-25 ПМ-702-100 ПМ-702-250	—	17,4	31	54,5	—	100	То же	От -20 до +40 и до 45 для «Г»	95 для «Г»
		—	33,5	58	100	135	250			
		—	1,7	2,8	4,5	4,5	12,5			
ПНВ ПНВС, ПНВ-Т, ПНВС-Т	ПНВ 30 ПНВ-30Т ПНВ-32 ПНВС-10 ПНВС-10Т ПНВС-12	—	0,6	0,6	0,6	—	5	Защищенное, открытое Тропическое	От -40 до +40 От -40 до +50	90 при +20 °С
		—	1,7	2,8	4,5	4,5	12,5			
		—	4	5,5	7,5	17	25			
ПМП	ПМП-1-БР ПМП-1-Р ПМП-1-Б ПМП-1-К ПМП-1-Р ПМП-1-К	—	4	5,5	7,5	17	22	Пыленепроницаемое (химостойкое и общепромышленное)	От -40 до +40	98 при 20 °С
		—	4	5,5	7,5	17	22			

Продолжение табл. 34-19

Серия	Тип	Максимальная мощность управляемого электроустройства, кВт, при напряжении:						Номинальный ток, А	Исполнение по защите от воздействия окружающей среды	Температура окружающей среды, °С	Влажность, %
		36 В	127 В	220 В	380 В	500 В	660 В				
ПМП	ПМП-2-БР ПМП-2-Р ПМП-2-Б ПМП-2-К ПМПР-2-Р ПМПР-2-К	—	10	17	30	40	55	63	Пыленепроницаемое (химостойкое и общепромышленное)	От -40 до +40	98 при 20 °С
	ПМП-3-БР ПМП-3-Р ПМП-3-Б ПМП-3-К	—	22	30	55	75	100	125			
	ПМП-4-БР ПМП-4-Р ПМП-4-Б ПМП-4-К	—	40	75	125	160	200	250			
	ПА-300	1,5	4	10	17	17	—	40*36**			
ПА-400	2,2	10	17	28	28	—	63* 56**				
ПА-500	4,0	17	30	55	55	—	110*, 106**				
ПА-600	5,0	22	40	75	75	—	146*, 140**				
ПАЕ	ПАЕ-300	1,5	4	10	17	17	—	40*, 36**, 26	Открытое, защищенное, пылезащищенное, пылеобрызгозащитное, пыленепроницаемое	От -40 до +40	90 при +20 °С и не более 50 при +40 °С
	ПАЕ-400	2,2	10	17	30	22	—	63*, 60**, 35			
	ПАЕ-500	4,0	17	30	55	40	—	110*, 106**, 61			
	ПАЕ-600	5,0	22	40	75	55	—	146*, 140**, 80			

Продолжение табл. 34-19

Серия	Тип	Максимальная мощность управляемого электроустройства, кВт, при напряжении:						Номинальный ток, А	Исполнение по защите от воздействия окружающей среды	Температура окружающей среды, °С	Влажность, %
		36 В	127 В	220 В	380 В	500 В	660 В				
ПА	ПА-300Т	1,5	4	10	17	17	—	40*, 36**, 26	Открытое, пылезащищенное, пылевыбрызгонепроницаемое	До +45	До 95
		2,2	10	17	30	30	—	63*, 60**, 44			
		4,0	17	30	50	50	—	110*, 106**, 78			
		5,0	22	40	75	75	—	146*, 140**, 105*			
ПМЕ-111 ПМЕ-113 ПМЕ-11Т ПМЕ-11Т	—	0,27	1,1	2,2	4	4	—	10; 6	Общепромышленное	От —40 до +40	90 при +20 °С и не более 50 при +40 °С
		0,8	3,0	5,5	10	10	—	25*, 23**, 14			
		—	—	—	160	—	—	240			
ПМВ-1365	—	—	—	—	—	—	—	—	Не более 35 °С	До 97	
ПВИ-1Б ПВИ-2Б ПВИ-25 ПВИ-63 ПВИ-250	—	—	—	—	32	—	55	25 63 25 63 250	Взрывобезопасное	От —10 до +35 °С	До 98 при +35 °С
		—	—	—	—	—	—	—			
		—	—	—	125	—	—	—			
		—	—	—	—	—	—	—			

\* Открытое исполнение.

\*\* Исполнение в оболочке.

Примечания: 1. Пускатели ПБ, ПА ... Т и ПМЕ реверсивные и неревверсивные, остальные неревверсивные.  
2. Для пускателей ПБ, ПМ-701, ПА и ПВИ частота 50 Гц, для остальных пускателей 50 и 60 Гц.



Таблица 34-20

## Основные технические данные рубильников, рубящих переключателей и блоков «рубильник — предохранитель»

Серия или тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Предельный ток короткого замыкания, кА (ампл.)	Предел устойчивости при коротком замыкании, кА·с	Число полюсов	Исполнение	Температура окружающей среды, °С	Относительная влажность, %	Вид привода
Р, РП	380 380	100	20	50	1, 2, 3	Общепромышленное, экспортное	От -40 до +40	90 при +20 °С и не более 50% при +40 °С; 98 при +45 °С для категории «П» и «В»	Боковая рукоятка; рукоятка для встройки в ящики; рычажный дистанционный, управление штангой
		250	40	120					
	660 660	100	20	50	1, 2				
		250	40	120					
	220 220	100	20	50	1, 2				
		250	40	120					
440 440	100	20	50	1, 2, 3					
	250	40	120						
Р, П	380	100			1, 2, 3	Открытое Закрытое	От -40 до +35	Не более 80	Боковая рукоятка; центральная рукоятка, боковой рычажный, Центральный рычажный
РБ, ЛБ, РЛБ, ПЛБ, РПЛ, ЛПЛ	660 220 440	250	—	—	2,	Возвращающееся			
		400			3				
		600							

Продолжение табл. 34-20

Серия или тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А	Предельный ток короткого замыкания, кА (ампл.)	Термическая устойчивость при коротком замыкании, кА <sup>2</sup> ·с	Число полюсов	Исполнение	Температура окружающей среды, °С	Относительная влажность, %	Вид привода
Р2000, Р2000Т, П2000, П2000Т	400	800* 600	50	900	1, 2, 3	Общепромышленное, тропическое	От -40 до +35 и до +45 для «Т»	70; для «Т» до 95%	Центральная рукоятка, полное управление штангой, привод от маховика
		1 500** 1 200	50	900					
		2 500* 2 000**	60	2 000					
	4 000* 3 200**	110	3 600						
	800* 600**	50	900						
	1 500* 1 200**	50	900						
500	3 000* 2 400**	60	2 000	16	1, 2, 3	Общепромышленное	От -40 до +35	Не более 80	Центральная рукоятка
	5 000* 4 000**	110	3 600						
	100	10	64						
РП, РПО, ППО, ППО, РПЦ, РПЦ	440	250	20	64	1, 2, 3	Общепромышленное	От -40 до +35	Не более 80	Центральная рукоятка
		400	30	144					
		600	40	256					
		1 000	40	Не испытывался					
РПР РПП	До 500	100 200 350	—	—	2, 3	Открытое	До +35	До 70	Боковая рукоятка; рычажный боковой
		100 200 350	—	—					
БПВ	440—500	100 200 350	—	—	2, 3	Общепромышленное	От -40 до +40	Не выше 80 при +20 °С	Боковая рукоятка
		100 200 350	—	—					

\* Общепромышленное исполнение.  
\*\* Тропическое исполнение.

Примечание. Номинальное напряжение 220 и 440 В для постоянного тока.

Таблица 34-21

## Основные технические данные предохранителей

Серия или тип	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Предельное значение отключаемого тока, кА, при напряжении, В				Частота, Гц	Температура окружающей среды, °С	Относительная влажность, %			
			переменного тока		постоянного тока							
			исполнение I	исполнение II	исполнение I	исполнение II						
ПРС-6-П ПРС-6-3	6	1; 2; 4; 6	—	2*	—	—	—	—	2	50 и 60	От -40 до +40	90 при +20 °С и не более 50 при +40 °С
ПРС-20-П ПРС-20-3	20	10; 16; 20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПРС-63-П ПРС-63-3	63	25; 40; 63	—	60*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПРС-100-П ПРС-100-3	100	80; 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-1	6	1; 2; 4; 6	—	1*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-2	20	10, 15, 20	—	2*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-3	60	25, 35, 60	—	5*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-4	125	80, 100, 125	—	7,5*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-5	225	160, 200, 225	—	10*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДС-6	350	250, 300, 350	—	12,5*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПДП-2		10 15 20	—	1*	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	1,5*	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	2*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПЦУ-6	15	1, 2, 4, 6	—	1*	—	—	—	—	—	—	—	—
ПР-2	60	6, 10, 15	1,2**	0,5**	8**	7**	1,2	—	—	—	—	—
		20, 25, 35, 45, 60	1,5**	1,8**	4,5**	3,5**	1,5	—	—	—	—	—
	100	60, 80, 100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	200	100, 125, 160, 200	11**	6**	11***	10***	11	—	—	—	—	—
350	200, 225, 250, 300, 350	—	—	13***	11***	—	—	—	—	—	—	
600	350, 430, 500, 600	—	—	23**	20**	15	—	—	—	—	—	
1000	600, 700, 800, 1000	—	—	15**	20**	—	—	—	—	—	—	
ППТ-10	До 10	6, 10	1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ППП7-3900	1000	500, 630, 800, 1000	—	—	110**	64**	100	60	50 и 60	От +10 до +35 От -40 до +40 От -10 до +45 для «Г»	Не выше 80 90 при +20 °С и не более 50 при +40 °С; 95 при +35 °С для «Г»	

\* Амплитудное значение.  
\*\* Действующее значение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 34-1. ЦИНТИ. Каталог 3105.  
 34-2. ЦИНТИ. Каталог 3173.  
 34-3. Минмонтажспецстрой. Издания заводов Главэлектромонтажа ЦБТИ, 1969.  
 34-4. ЦИНТИ. Приборэлектронпром, 08.01.01-63.  
 34-5. Информстандартэлектро, 08.17.08-68.  
 34-6. Информэлектро. ВНИИЭМ, 08.17.12-69.  
 34-7. Информстандартэлектро, 08.07.03-68.  
 34-8. Информэлектро. ВНИИЭМ, 08.01.06-70.  
 34-9. Информэлектро. ВНИИЭМ, 08.01. № 2124, 1969.  
 30-10. ЦБТИ НИИэлектропромышленности, 3170.

## РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ПЯТЫЙ

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

## 35-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрические измерительные приборы классифицируются по целому ряду признаков, важнейшими из которых являются следующие:

1. По роду тока: постоянного тока, постоянного и переменного тока.
2. По способу защиты корпусами: обыкновенные, водонепроницаемые, брызгозащищенные, пылезащищенные, герметические, взрывобезопасные и т. д.
3. По роду измеряемой величины: амперметры, вольтметры, фазометры, ваттметры, омметры и т. д.
4. По методу измерения: магнитоэлектрические, электромагнитные, индукционные, электростатические, выпрямительные и т. д.
5. По степени точности на восемь классов:

0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Класс приборов . . . . .	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	4,0
Основная приведенная погрешность, % . . . . .	±0,05	±0,1	±0,02	±0,5	±1,0	±1,5	±2,5	±4,0

## 35-2. ПОГРЕШНОСТИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основные характеристики электроизмерительных приборов:

- 1) статическая погрешность показаний, определяющая степень приближения показаний прибора к действительным значениям измеряемой величины;
- 2) относительная погрешность, представляющая собой отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины;
- 3) приведенная погрешность, представляющая собой выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к предельному значению показаний прибора, в пределах рабочей части его шкалы.

Рабочей частью шкалы для приборов с равномерной шкалой считается вся шкала, для приборов с неравномерной шка-

лой — часть шкалы, обозначенная условными знаками.

Если прибор имеет двустороннюю шкалу, то приведенная погрешность выражается в процентах от суммы пределов измерений по обе стороны от нуля; для приборов с безнулевой шкалой — в процентах разности верхнего и нижнего пределов измерений.

В зависимости от причин возникновения погрешности электроизмерительных приборов различают:

1) основную погрешность, присущую прибору при нормальных условиях его работы;

2) дополнительную погрешность, вызванную отступлением от нормальных условий работы прибора.

Основная приведенная погрешность показаний приборов различных классов не должна превосходить в рабочей части шкалы следующих значений:

Для расширения пределов измерения приборов применяются шунты, добавочные сопротивления и измерительные трансформаторы, класс точности которых должен быть на ступень выше класса точности прибора.

## 35-3. ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

Для указания назначения прибора в его обозначения вписывают буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин (табл. 35-1).

Для указания характеристики отсчетного устройства прибора в его обозначение вписывают следующие графические обозначения (табл. 35-2).

На шкалах электроизмерительных приборов наносятся условные обозначения, показывающие принадлежность прибора к той или иной системе (табл. 35-3), а также условные знаки, приведенные в табл. 35-4.

Таблица 35-1

Таблица 35-2

**Буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин**

**Графические обозначения отсчетных устройств приборов**

Наименование приборов	Буквенные обозначения
Амперметр	A
Вольтметр	V
Вольтметр двойной	∇
Вольтметр дифференциальный	V—V
Вольтамперметр	VA
Ваттметр	W
Ваттметр суммирующий	ΣW
Варметр	Var
Микроамперметр	μA
Миллиамперметр	mA
Милливольтметр	mV
Омметр	Ω
Мегомметр	MΩ
Частотомер	Hz
Фазомер: измеряющий сдвиг фаз	φ
измеряющий коэффициент мощности	cosφ
Счетчик ампер-часов	Ah
Счетчик ватт-часов	Wh
Счетчик вольт-ампер-часов реактивный	varh

Характеристика приборов	Обозначения
Прибор, подвижная часть которого может отклоняться в одну сторону от нулевой отметки: вправо	
влево	
Прибор, подвижная часть которого может отклоняться в обе стороны от нулевой отметки	
Прибор вибрационной системы	
Прибор с цифровым отсчетом	
Прибор с непрерывной регистрацией (записывающий)	
Прибор с точечной регистрацией (записывающий)	
Прибор с цифровой регистрацией (печатающий)	

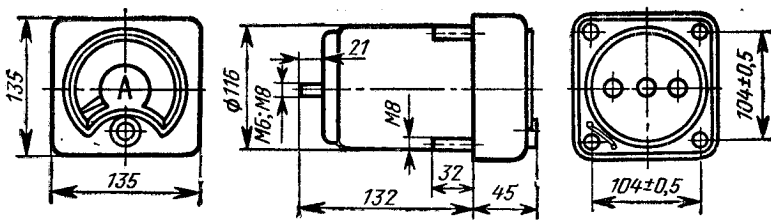


Рис. 35-1. Габаритные чертежи прибора типа M150.

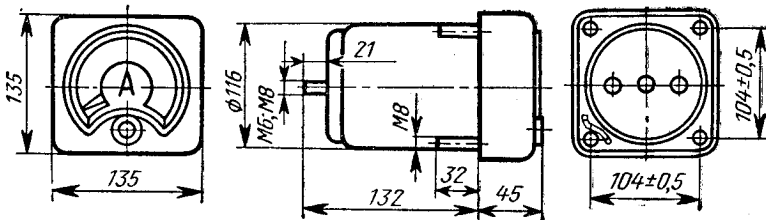


Рис. 35-2. Габаритный чертеж прибора типа M160.

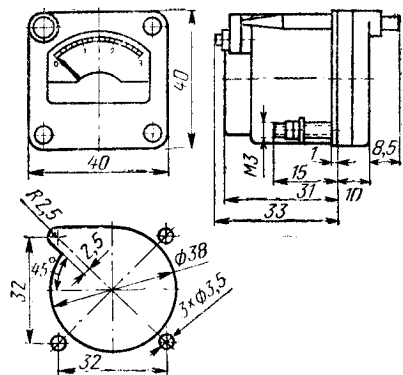


Рис. 35-3. Габаритный чертеж прибора типа М4230.

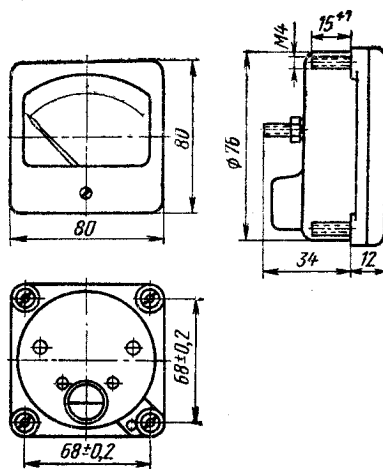


Рис. 35-4. Габаритный чертеж прибора типа М4200.

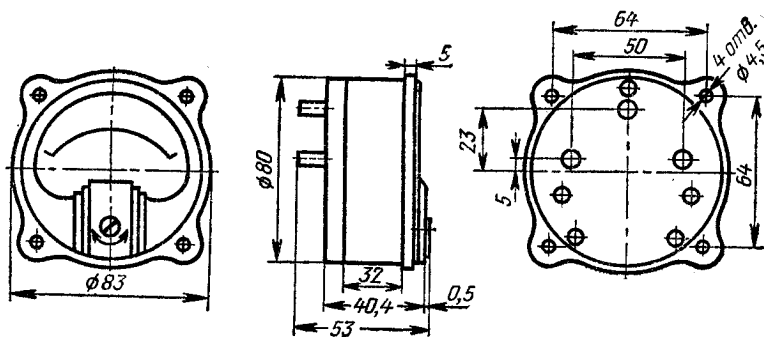


Рис. 35-5. Габаритный чертеж прибора М358.

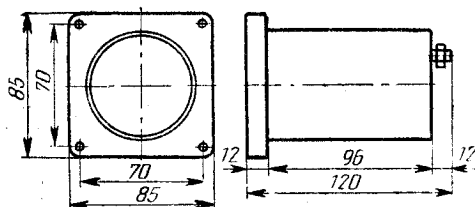


Рис. 35-6. Габаритный чертеж прибора типа Э144.

Таблица 35-3














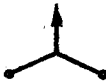
















Система приборов		Условные обозначения	
		С механическим противодействующим моментом	Без механического противодействующего момента (логометры)
Магнитоэлектрическая	С подвижной рамкой		
	С подвижным магнитом		-
Электромагнитная	Неполяризованная		
	Поляризованная		-
Электродинамическая	Электродинамическая		
	Ферродинамическая		
Индукционная	Индукционная		
	Магнитоиндукционная		-
Тепловая	С нагреваемой проволокой		-
	Биметаллическая		-
Электростатическая	-		-
Вибрационная	-		-

Таблица 35-4

## Условные знаки приборов

Род измеряемого или потребляемого тока	Постоянный ток	
	Переменный ток	
	Трехфазный ток	
Положение шкалы прибора	Вертикальное	
	Горизонтальное	
	Наклонное	
Класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения, например 1,5		1,5
Класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы, например 1,5		
Испытательное напряжение, например 2 кВ		
Защита от внешних магнитных полей		
Защита от внешних электрических полей		
Генераторный зажим		
Зажим, соединенный с корпусом		
Зажим для заземления		

### 35-4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основные технические характеристики электронизмерительных приборов приведены в табл. 35-5.

### 35-5. ГАБАРИТНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ЩИТОВЫХ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

На рис. 35-1 — 35-23 приведены габаритные чертежи щитовых электронизмерительных приборов.



Таблица 35-5

Технические характеристики электроизмерительных приборов<sup>1</sup>

Наименование прибора	Тип	Класс точности или основная погрешность, %	Верхние пределы измерений при включении		Размеры приборов, мм	Масса, кг	Цена, руб.
			непосредственным	косвенном			
<i>Вольтметры постоянного тока<sup>2</sup></i>							
Вольтметр магнитоэлектрический	M5 (M5-2)	2,5	3—75 В	150 В—3 кВ	63×63×51	0,2	2
Киловольтметр магнитоэлектрический	M27	1,5	—	10, 20 кВ	127×107×88	6,8	91
Вольтметр магнитоэлектрический	M28	2,5	—	0,5—50 В	80×80×54	0,4	7
То же	M45M	1,0	3—600 В	—	125×110×55	0,5	7
* * *	M109	—	10 мВ—600 В	—	121×131×68	0,7	72
* * *	M250	0,5	3—400 В	—	196×210×95	2,7	33
Вольтметр магнитоэлектрический	M262M	2,5	0,075—3 000 В	—	60×60×64	0,15	6
То же	M309M	1,5	3—1 000 В	—	160×175×115	1,5	8
* * *	M502	0,1	3—600 В	—	365×355×135	8	147
Вольтметр магнитоэлектрический	M4200	1,5; 2,5	0,3—600 В	15—3 000 В	80×80×47	0,2	3
То же	M4233	2,5	3—1 000 В	1 500, 3 000 В	80×80×55	0,3	10
* * *	B-040	2,0	30 В	—	∅ 60×76	0,4	7
Вольтметр цифровой	B2-9	±(0,1% U <sub>x</sub> +2)	1—1 000 В	—	320×280×220	12	1140
Вольтметр самопишущий цифровой магнитоэлектрический	H340	1,5	75 мВ—1 000 В	—	160×160×245	5,5	86

Вольтметры переменного тока<sup>3</sup>

Вольтметр выпрямительный	Ц25М Ц26М	2,5	3—300 В	—	63×63×56 (Ц25М) 80×80×61 (Ц26М)	0,175 0,225	7
Вольтметр выпрямительный	Ц84	1,0	300 В	—	80×80×95	0,6	12
То же	Ц330	2,5	30—450 В	600—2 500 В	120×120×88	1,2	12
> >	Ц4200	2,5	0,5—600 В	—	80×80×49	0,2	8
> >	Ц4203	4,0	До 250 В	—	40×40×43	0,12	3
Вольтметр средних значений	Ф564	0,5	3 мВ—300 В	—	510×330×250	16	800
Вольтметр самопишущий широтовой	Н343	2,5	5—500 В	—	160×160×310	6,5	91
Вольтметр самопишущий широтовой ферродинамический	Н344	1,5	150—600 В	450 В—450 кВ	160×160×310	6,5	91
Вольтметр электромагнитный	Э8003	1,5	7,5—250 В	450В—750 В	160×160×125	1,3	14
То же	Э377	1,0	1—600 В	450В—450 кВ	120×120×57	1,0	14
> >	Э140/1	1,0	150, 250, 450 В	До 450 В	85×85×93	0,55	22
Вольтметр электромагнитный	Э140	2,5	15—450 В	450 В (50 Гц)	85×85×93	0,55	15
Вольтметр ферродинамический	Д151	1,5	30—450 В	12,35 кВ	110×110×148	1,4	23
То же	Д180	1,5	30—450 В (50 Гц); 50—450 В (400—500 Гц)	450 В (50 Гц)	144×226×136	3,0	28
Вольтметр электростатический	С700	1,0	30—600 В	—	160×80×235	2,5	195

Амперметры постоянного тока<sup>4</sup>

Амперметр магнитоэлектрический	М55	2,5	1—7,5 А	—	78×60×38	0,25	3
--------------------------------	-----	-----	---------	---	----------	------	---

Продолжение табл. 35-5

Наименование прибора	Тип	Класс точности или основная погрешность, %	Верхние пределы измерений при включении		Размеры приборов, мм	Масса, кг	Цена, руб.
			непосредственным	косвенном			
Амперметр магнитоэлектрический	M109	0,5	1—10 А	—	121×131×68	0,7	72
То же	M116	1,5	—	70 кА	450×490×120	20	198
»	M145	2,5	0,5—20 А	30—1 500 А	85×85×92	0,45	7
»	M309M	1,5	1—100 А	150 А—150 кА	160×175×115	1,5	8
»	M325	1,5	250 мкА—10 А	20 А—6 кА	120×120×121	1,2	15
»	M330	1,5	1—20 А	30 А—6 кА	120×120×91	0,5	5
»	A-0 A-1 A-2 A-3	2,0	—	40—1 000 А	47×47×79	0,25	15
»	M1150	0,1	0,75 мА—15 А	—	200×275×115	3,7	135
»	M4202	2,5; 1,5	1—10 А	20—6 000 А	60×60×47	0,15	4
»	M4216	2,5	10—100 А	—	80×80×58	0,15	8
Амперметр самопишущий щитовой магнитоэлектрический	H340	1,5	1 мА—30 А	50 А—70 кА	160×160×245	5,5	86
Амперметр выпрямительный	Ц330	2,5	0,25—10 А	10—5 000 А	120×120×88	1,2	12
То же	Ц1750	2,5	—	25—2 500 А	160×160×170	2,5	99
Амперметр термоэлектрический	T25M	2,5	1—10 А	—	60×60×56	0,25	7
То же	T81	±5% (50 Гц)	—	5 А	60×60×51	0,2	8

Амперметры переменного тока<sup>3</sup>

Амперметр электромагнитный	Э140	2,5	100 мА—50 А (50—500 Гц)	5 А—6 кА (50, 400—500 Гц); 30—200 А (400—500 Гц)	85×85×93	0,55	16
То же	Э8003	1,5	100 мА—50 А	10—5 000 А	80×80×84	0,4	14
»	Э877	1,0 1,5	1—20 А	5 А—15 кА (класс точности 1,5)	120×120×57	1,0	14
Амперметр электромагнитный перегрузочный	Э421/1	4,0	1—50 А	75—300 А	85×85×74	0,35	2
То же	Э378	1,5	До 300 А	До 150 кА	160×160×55	1,0	12
Амперметр самопишущий выпрямительный	Н343	2,5	1—5 А	—	160×160×310	6,5	91
Амперметр самопишущий щитовой ферродинамический	Н344	1,5	50 мА—5 А	5 А—15 кА	160×160×310	6,5	91
Амперметр ферродинамический	Д180	1,5; 2,5	5, 10, 20 А (50, 400— 500 Гц)	5 А—6 кА (50, 400— 500 Гц)	144×226×136	3	28
То же	Д553	0,2—2,5	0,1—50 А (45—500 Гц); 0,1—10 А (500—5 000 Гц)	—	200×280×125	4,5	49

Ваттметры<sup>6</sup>

Ваттметр ферродинамический	Д30	2,5	—	25—3 000 кВт	120×120×120	1	27
То же	Д142	2,5	—	3—4 000 кВт (380 В, 5—6 000 А)	85×85×93	0,05	16
»	Д305	1,5	1 кВт—800 МВт 1 кВт—800 МВар	—	160×160×77	1,5	25
»	Д309	2,5	1—7 000 кВт	3,5 кВт, 100 МВт	160×160×79	1,2	14
»	Д323	2,5	2 кВт—10 МВт	—	160×160×72	1,2	18
»	Д585	1,0	4,5—4 000 Вт	—	200×145×103	1,5	160

Продолжение табл. 35.5

Наименование прибора	Тип	Класс точности или основная погрешность, %	Верхние пределы измерений при включении		Размеры приборов, мм	Масса, кг	Цена, руб.
			непосредственным	косвенном			
Ваттметр ферродинамический	Д571	0,5	0,2—3 кВт		145×203×90	1,5	59
То же	Д1602	2,5	—	2 500 кВт (50—1 200 В, 2 000 А)	135×135×175	3,1	45
»	Д1754	2,5	—	400, 800, 1 000 кВт 110, 220, 300 В, 2 000 2 500 А)	160×160×170	2,5	118
»	Д8001	1,5	—	2—600 кВт (cos φ=0,8)	80×80×96	1,3	13
Ваттметр и варметр ферродинамический	Д582	0,5	0,04—4 кВт 0,04—4 квар		200×280×125	3,5	189
То же	Д335 Д335/1	1,5	1 кВт—800 Мвт 1 квар—800 Мвар		120×120×95	1,0	42
Ваттметр и варметр самопишущий щитовой ферродинамический	Н348	1,5	1 кВт—150 МВт 0,8 квар—80 Мвар	—	160×160×310	6,5	104
Ваттметр самопишущий щитовой ферродинамический	Н350	1,5	0,6 кВт—110 МВт	—	160×160×310	6,5	102
Частотомер							
Частотомер ферродинамический	Д146	2,5	—	44—55, 350—450 450—350 Гц (127, 220, 380 В)	85×85×93	0,6	27
Частотомер ферродинамический	Д165 Д165/1		45—55, 350—450, 450—350 Гц (127, 220, 380 В)	45—55 Гц (380 В)	135×135×175 (Д166); 190×248×110 (Д166/1)	3 (Д166); 4 (Д166/1)	45 (Д166); 35 (Д166/1)
То же	Д596	±1 %	45—2 600 Гц (100, 127, 220, 380, 500 В)	—	216×283×152	9	120
»	Д8000	4,0	—	48—52 (100, 127, 220, 380 В)	80×80×100	0,7	40

Частотомер электронный цифровой с отсчетом	Ф532	±0,01 %	10 Гц—10 кГц (выходное напряжение 1—100 В)	—	490×345×290	17	1 994
Частотомер электронный с цифровым отсчетом	Ф552		0,1 Гц—1,5 МГц (выходное напряжение 1—100 В)	—	490×355×290	16	2 500
Частотомер самописный цифровой выпрямительный	Н345	2,5 4,0	45—55 Гц; 48—52 Гц	—	160×160×345	8	144
Частотомер электромагнитный	Э371	2,5	45—55, 450—550 Гц (127, 220, 380 В); 180—220 Гц (220 В)	45—55, 450—550 Гц (100 В)	160×160×91	1,3	27
То же	Э8004	4,0	45—1100 Гц (100, 127, 220, 380 В)	—	80×80×120	0,8	26
Частотомер вибрационный	В80	1,0	48—52 Гц	—	60×60×70	0,2	2
Фазометры <sup>в</sup>							
Фазометр ферродинамический	Д31	2,5	—	0,5 емкость; —1—0,5 индуктивность	120×120×140	1,0	30
То же	Д120	1,5	0,9 емкость; —1—0,2 индуктивность; (127, 220, 380 В; 5 А)	—	236×215×132	4,5	39
» »	Д301	1,5	0,5 емкость; —1—0,5 индуктивность; 0,9 емкость —1—0,2 индуктивность	—	160×160×86	1,2	22
» »	Д578	0,5	0—360 эл. град. cos φ; 1—0—1	—	240×265×155	6,5	82
Фазометр универсальный	Д586	1,5	0,5 емкость; —1—0,5 индуктивность	—	280×230×185	8	141
Фазометр электромагнитный	Э120 Э120/1	1,5	0 емкость; —1—0 индуктивность	—	286×215×132	4,2	57 (Э120) 63 (Э121/1)
То же	Э144	2,5	—	0 емкость; —1—0 индуктивность (127, 220, 380 В; 5 А, 10 А)	85×85×121	0,9	27
Фазометр самописный цифровой выпрямительный	Н351	2,5	0,5 емкость; —1—0,5 индуктивность	—	160×160×340	8	171

Продолжение табл. 35-5

Наименование прибора	Тип	Класс точности или основная погрешность, %	Верхние пределы измерений при включении		Размеры приборов, мм	Масса, кг	Цена, руб.
			непосредственным	косвенном			
<i>Мегомметры<sup>6</sup></i>							
Мегомметр электромагнитный	M143	2,5	0—2 МОм (133 В); 0—5 МОм (230, 400 В)	—	85×85×90	0,5	16
Мегомметр магнитоэлектрический	M1102/1	±1 %	0—1 000 кОм; 0,2—230 МОм	—	177×237×215	5	49
<i>Синхроноскопы<sup>10</sup></i>							
Синхроноскоп электроматинитный	Э145	±3 угловых градуса	—	—	85×85×121	0,9	30
То же	Э327	±3 геометрических градуса	—	—	120×120×120	1,2	36

<sup>1</sup> Потребление электронизмерительных приборов: вольтметры В2-9 (70 В·А), Э377 (2,6 В·А); амперметры Ц1750 (400 мВ), Э377 (0,25 В·А), Э378 (0,25—0,6 В·А); ваттметры Д305, Д355, Д355/1 (0,5 В·А — последовательными цепями; 1,5 В·А — параллельными), Д585 (0,12—0,52 В·А); частотомеры Д506 (12 В·А), Ф552 (80 В·А), Э371 (0,7—3 В·А), Э8004 (3 В·А), В80 (2 Вт); фазометры П31 (3—20 В·А), Д301 (4 В·А — последовательными цепями; 5 В·А — параллельными), Д578, Д586 (5 В·А — последовательными цепями; 15 В·А — параллельными).

<sup>2</sup> Вольтметры типов М5 (М5-2), М262М — виброотраскопрочные; М28, М250, М4200, В-040 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; М309М — пылеотраскозащищенный; М4233 — виброотраскопрочный, герметичный; М27 — для измерения напряжения между землей и элементами электрических цепей; В2-9 — многопредельный с отсчетом показаний в трехзначной цифровой форме.

<sup>3</sup> Вольтметры типов Ц125М, Ц23М, Ц84, Ц4203, Ц4200, Ц4203, Э9003, Э377, Э140/1, Д151 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; Ц1330 — пылеотраскопрочный; Д180 — тряскоударопрочный, брызгозащищенный; Э140 — виброотраскопрочный; вольтметры применяются в следующих диапазонах частот: 45—10 000 Гц (Ц125М, Ц23М, Ц84); 45—1 000 Гц (Ц184); 50—10 000 Гц (Ц1330); 30—20 000 Гц (Ц4200); 45—55 Гц (Ц4203); 40—40 000 Гц (Ф554); 50—1 500 Гц (Э9003); 50—60—1 000 Гц (Э377); 50, 400—500 Гц (Э140/1, Э140); С700 применяется в цепях постоянного и переменного тока в диапазоне частот 20 Гц — 1 МГц.

<sup>4</sup> Амперметры типов М116 — герметичный; М145 — виброотраскопрочный; М4216 — виброотрапрочный; М325, А-0, А-1, А-2, А-3 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; М309 — пылеотраскозащищенный; М4202 — виброотраскопрочный, пылеотраскозащищенный.

<sup>5</sup> Амперметры типов, Т25М, Э9003, Э377, Д180 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; Ц1330 — пылеотраскопрочный; Ц1750 — тряскоударопрочный, брызгозащищенный; Э140 — виброотраскоударопрочный, герметичный; Э421/1 — виброотраскопрочный, пылеотраскозащищенный; амперметры применяются в следующих

диапазонах частот: 50—10 000 Гц (Ц1330); 0,25—100 Гц (Ц1750); 45 Гц — 7,5 МГц (Т25М); 50 Гц — 20 МГц (Т81); 50—1 500 Гц (Э9003); 50, 60—1 000 Гц (Э377); 45—10 000 Гц (Н343); 45—50 и 500—5 000 Гц (Д553).

<sup>6</sup> Ваттметры типов Д30 — пылеотраскопрочные; Д142 — виброотраскоударопрочный, герметичный, при равномерной нагрузке; Д305, Д323 — виброотраскопрочные, пылеотраскозащищенные, при равномерной и неравномерной нагрузках; Д1602, Д335, Д335/1 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; Д175 — тряскоударопрочный, брызгозащищенный при равномерной нагрузке; Д385 — при равномерной и неравномерной нагрузках; Д8001 — тряскоударопрочный, пылеотраскозащищенный, при равномерной и неравномерной нагрузках; Д582, Д333 — в трехфазных трех- и четырехпроводных цепях; ваттметры применяются в следующих диапазонах частот: 50, 500, 1 000, 2 400, 8 000 Гц (Д30); 50, 400—500 Гц (Д142), 50 и 400—1 100 Гц в однофазных цепях (Д585); 45—60 Гц (Д571, Д582); 0,25—1,5 Гц в четырехпроводных цепях двухфазного тока (Д1754).

<sup>7</sup> Частотомеры типов Д146 — виброотраскоударопрочные; Д166, Д156/1, Д506, В80 — виброотраскоударопрочные, брызгозащищенные; Д8000 — виброотраскопрочный, пылеотраскозащищенный.

<sup>8</sup> Фазометры типов Д120, Э120/1 — виброотраскопрочные, брызгозащищенные; Э144 — виброотраскоударопрочные, герметичные; фазометры применяются в однофазных цепях 50, 500, 1 000, 2 500, 8 000 Гц (Д31); то же, но 48—52 Гц (Д578); то же, но 48,5—51,5 Гц (Д586); 400—500 Гц (Э120/1), 50, 400—500 Гц (Э144).

<sup>9</sup> Мегомметры типов М143 — виброотраскоударопрочный, герметичный; М143 — в диапазоне 50, 400—500 Гц; М1102/1 — для измерения больших сопротивлений изоляции электрических сетей.

<sup>10</sup> Синхроноскопы типов Э145 — в диапазоне частот 50, 400—500 Гц, герметичный, виброотраскоударопрочный; Э327 — в цепях 50 Гц с симметричным напряжением фаз; брызгоотраскопрочный, виброотраскопрочный.

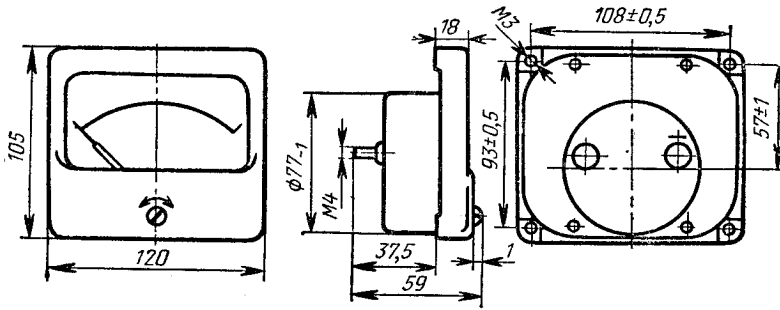


Рис. 35-7. Габаритный чертеж прибора типа М24.

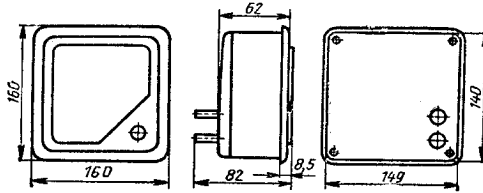


Рис. 35-8. Габаритный чертеж прибора типа М366.

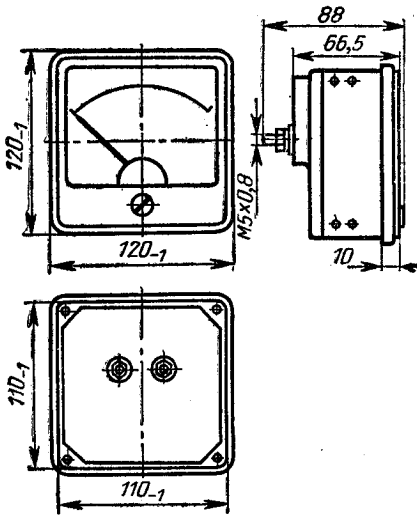


Рис. 35-9. Габаритный чертеж прибора типа Ц330.

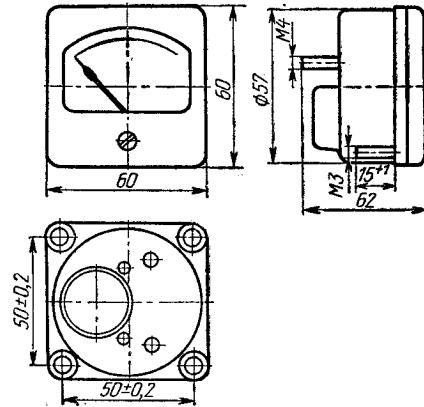


Рис. 35-10. Габаритный чертеж прибора типа М4202.

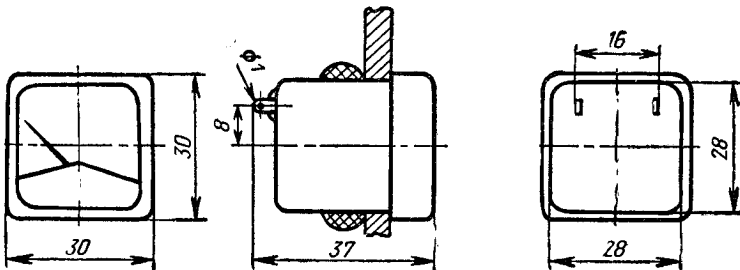


Рис. 35-11. Габаритный чертеж прибора типа М4223.



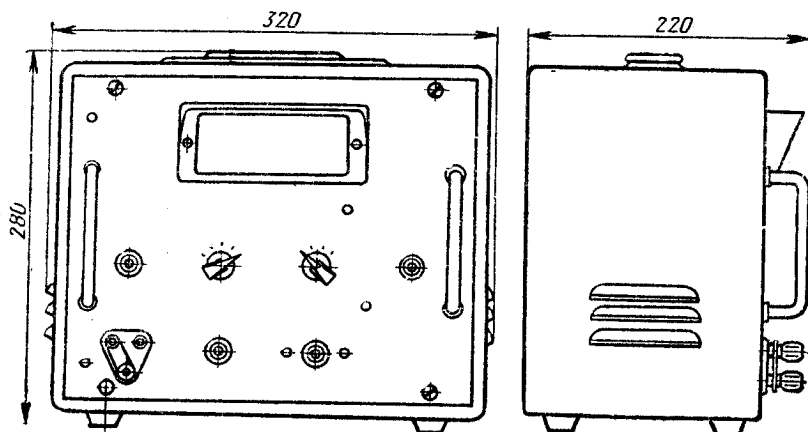


Рис. 35-12. Габаритный чертеж прибора типа В2-9.

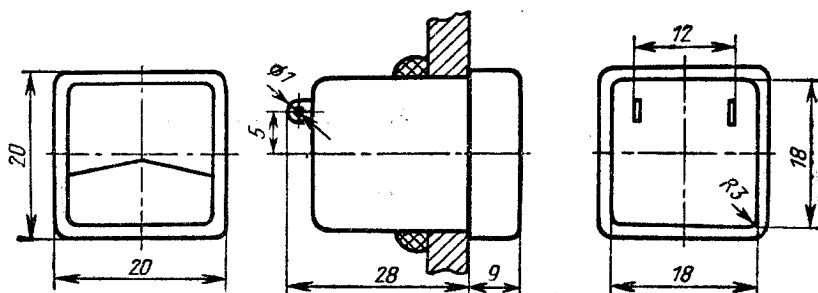


Рис. 35-13. Габаритный чертеж прибора типа М4222.

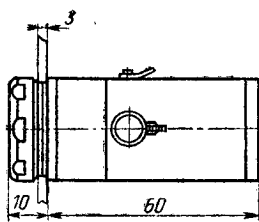


Рис. 35-14. Габаритный чертеж прибора типа М727.

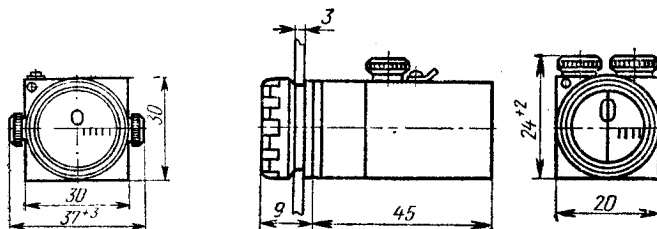


Рис. 35-15. Габаритный чертеж прибора типа М726.

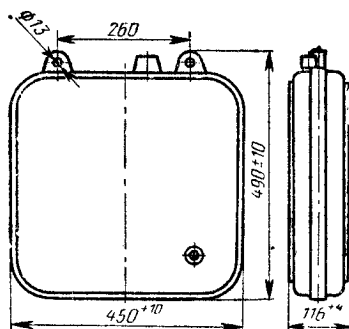


Рис. 35-16. Габаритный чертеж прибора типа М116.

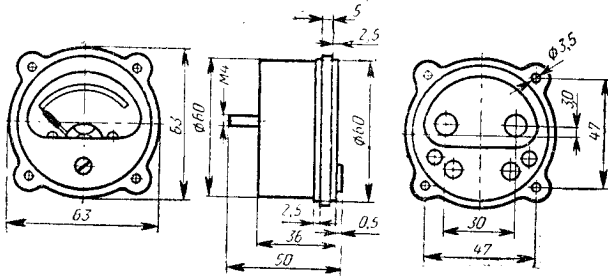


Рис. 35-17. Габаритный чертеж прибора типа М206.

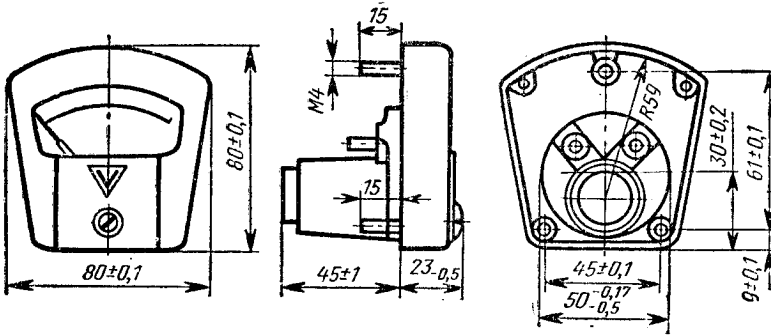


Рис. 35-18. Габаритный чертеж прибора типа М132.

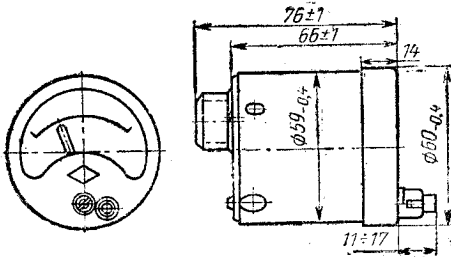


Рис. 35-19. Габаритный чертеж прибора типа А040.

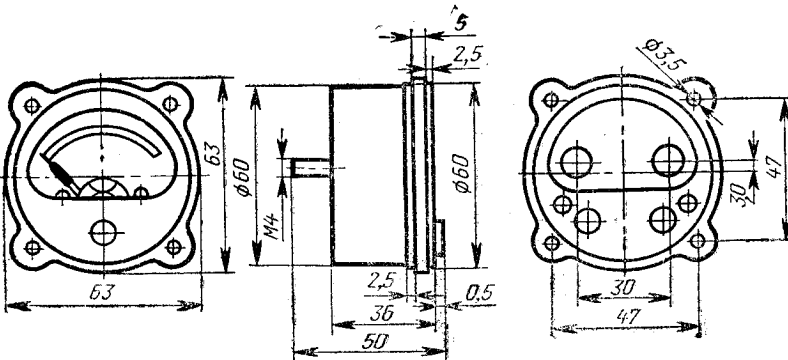


Рис. 35-20. Габаритный чертеж прибора типа Ц24М.



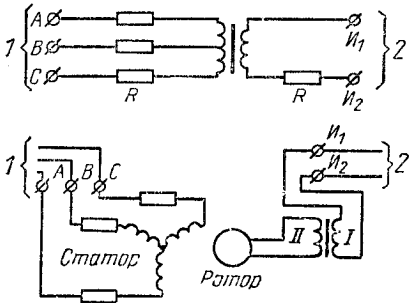


Рис. 35-26. Принципиальная схема включения синхроскопов типа Э32 и Д430.  
1 — к синхронизируемому генератору;  
2 — к работающему генератору.

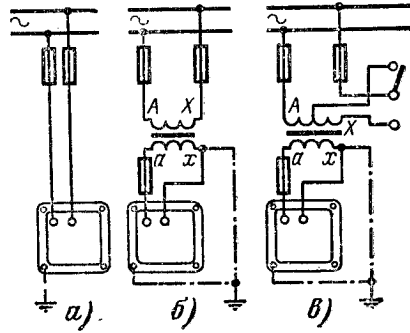


Рис. 35-27. Схема включения вольтметра типа Ц211.

а — непосредственное включение; б — включение с трансформатором напряжения; в — включение с секционированным трансформатором напряжения.

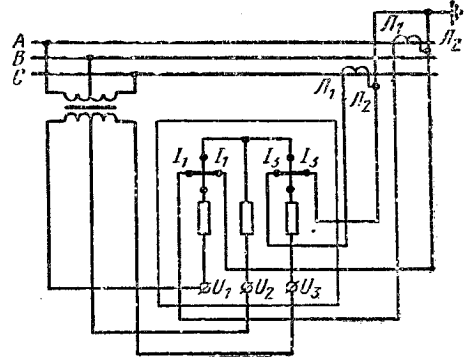
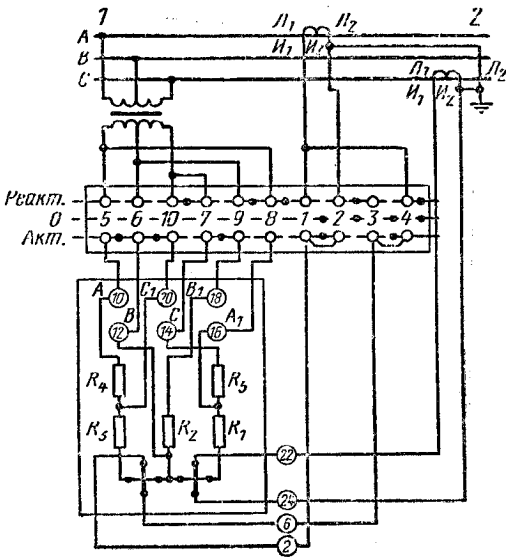


Рис. 35-28. Схемы включения ваттметров типа Д343 и Д33 соответственно.

1 — генератор; 2 — нагрузка; 3 — цепи питания синхронного двигателя напряжением 127 или 220 В.

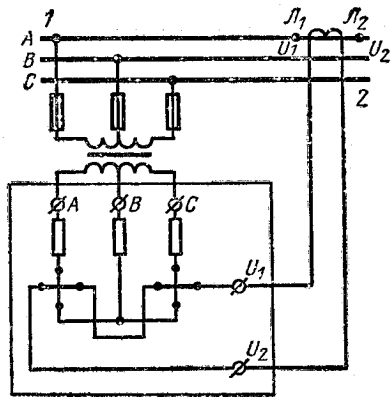
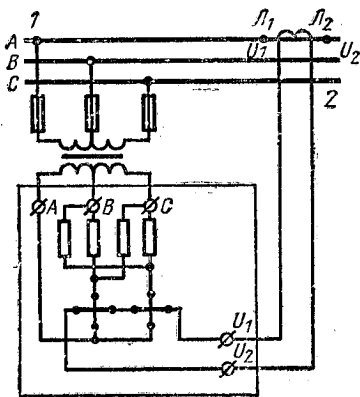


Рис. 35-29. Схемы включения фазометров типа Д342 и Д320.

1 — генератор; 2 — нагрузка,

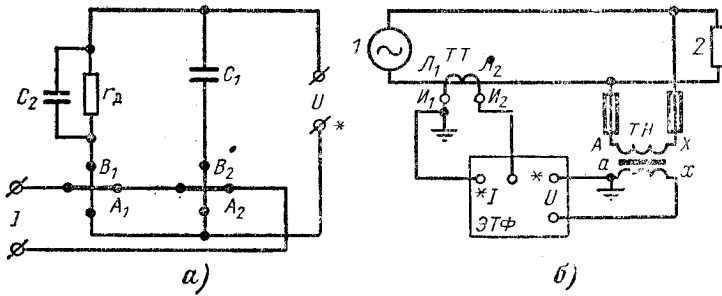


Рис. 35-30. Схема включения фазометра типа ЭТФ.

а — принципиальная схема включения; б — схема включения с трансформаторами тока и напряжения; 1 — генератор; 2 — нагрузка.

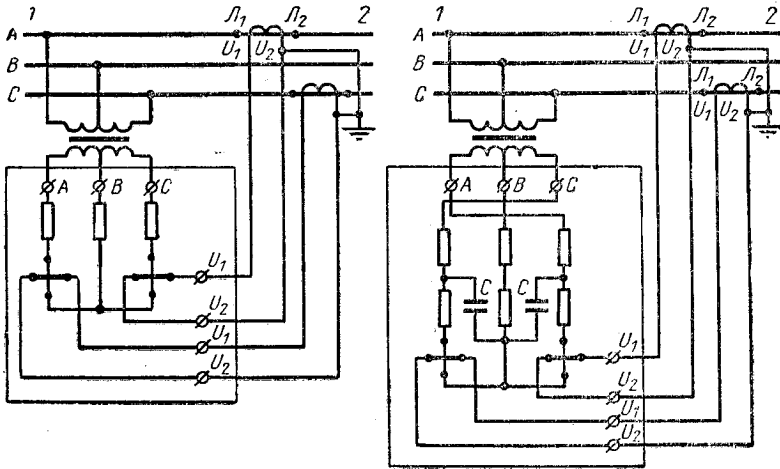


Рис. 35-31. Схема включения ваттметра типа Д341/1 и Д340 соответственно.

1 — генератор; 2 — нагрузка.

**35-7. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЕТЧИКОВ**

Основные технические характеристики счетчиков приведены в табл. 35-6.

**35-8. ГАБАРИТНЫЕ ЧЕРТЕЖИ И ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКОВ**

На рис. 35-32 — 35-36 приведены габаритные чертежи и основные схемы включения счетчиков.

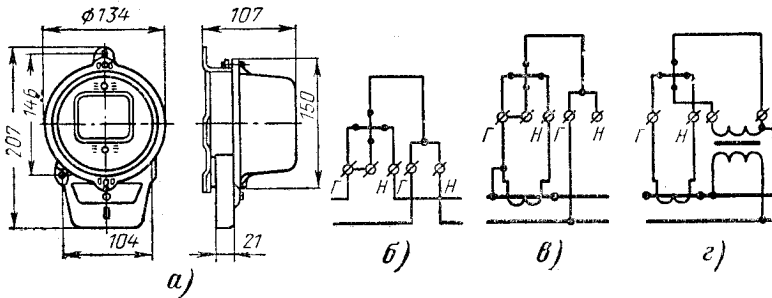


Рис. 35-32. Габаритный чертеж и схема включения счетчика типа СО.

а — размеры; б — схема непосредственного включения; в — схема включения с трансформатором тока; г — схема включения с трансформаторами тока и напряжения.

Наименование счетчика	Тип	Класс точности	Пределы измерений при включении <sup>2</sup>						Размеры, мм	Масса, кг
			непосредственном		через трансформаторы тока		через трансформаторы тока и напряжения			
			Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В		
Счетчик трехфазный трансформаторный	СА3-И670М	2,0	5; 10	127, 220, 380	(10—2 000)/5	127, 220, 380	(5—2 000)/5	(380—35 000)/100	173×282×134	2,7
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СА3У-И670М	2,0	—	—	—	—	1; 5	100, 127, 220, 380	173×282×134	2,7
Счетчик трехфазный трансформаторный	СА3-И670Д	2,0	5; 10	127, 220, 380	(10—2 000)/5	127, 220, 380	(5—2 000)/5	(380—35 000)/100	282×163×129	3,1
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СА3У-И670Д	2,0	—	—	—	—	1; 5	100, 127, 220, 380	282×163×129	3,1
Счетчик трехфазный трансформаторный	СА4-И672М	2,0	5; 10	220, 380	(20—2 000)/5	220, 380	—	—	282×134×173	3,2
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СА4У-И672М	2,0	—	—	—	—	5	220, 380	282×134×173	3,2
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный с датчиками импульсов	СА4-И672Д	2,0	5; 10	220, 380	(20—2 000)/5	220, 380	—	—	282×163×129	3,5
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный с датчиками импульсов	СА4У-И672Д	2,0	—	—	—	—	5	220, 380	282×163×129	3,5

Продолжение табл. 35-б

Наименование счетчика	Тип	Класс точности	Пределы измерений при включении?						Размеры, мм	Масса, кг
			непосредственным		через трансформаторы тока		через трансформаторы тока и напряжения			
			Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В	Ток, А	Напряжение, В		
Счетчик трехфазный трансформаторный	СР4-И673М	2,0	5; 10	127, 220, 380	(20—2 000)/5	127, 220, 380	(5—2 000)/5	(380—35 000)/100	282×134×173	3,2
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СР4У-И673М	2,0	—	—	—	—	1; 5	100, 127, 220, 380	282×134×173	3,2
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный с датчиками импульсов	СР4-И673Д	2,0	5; 10	127, 220, 380	(20—2 000)/5	127, 220, 380	(5—2 000)/2	(380—35 000)/100	282×163×129	3,5
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный с датчиками импульсов	СР4У-И673Д	2,0	—	—	—	—	1; 5	100, 127, 220, 380	282×163×129	3,5
Счетчик трехфазный трансформаторный	СА3-И674	1,0	5; 10	127, 220, 380	(10—2 000)/5	127, 220, 380	(5—2 000)/5	(380—35 000)/100	340×183×128	4,3
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СА3У-И674	1,0	—	—	—	—	1; 1,5	100, 127, 220, 380	340×183×128	4,3
Счетчик трехфазный трансформаторный	СР4-И675	1,0	5; 10	220, 380	(20—2 000)/5	220, 380	—	—	340×183×128	5
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СР4У-И675	1,0	—	—	—	—	5	220, 380	340×183×128	5
Счетчик трехфазный трансформаторный универсальный	СР4У-И675	1,0	—	—	—	—	5	220, 380	340×183×128	5





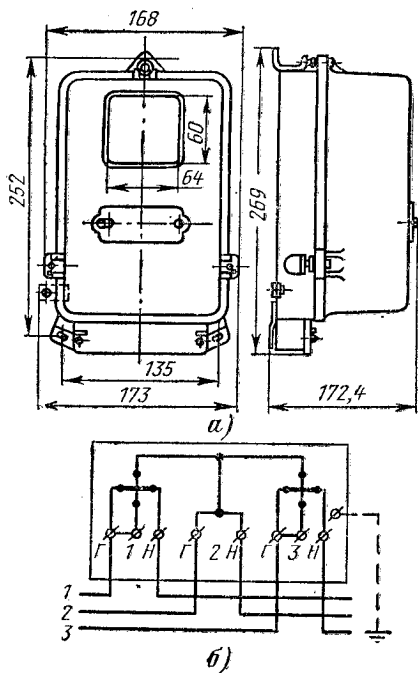


Рис. 35-33. Габаритный чертеж и схема включения счетчиков типа ИТ, САЗ, САЗУ, СРЗ, СРЗУ, СР4, СР4У и ИТР.

а — размеры; б, в, г — схемы включения счетчиков соответственно типа ИТ, САЗ с трансформаторами тока и САЗУ с трансформаторами тока и напряжения.

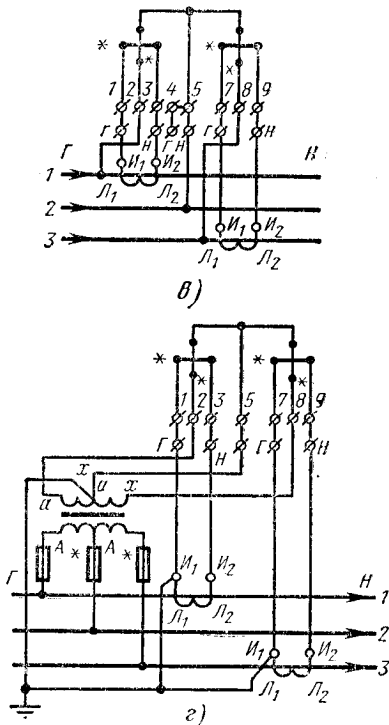
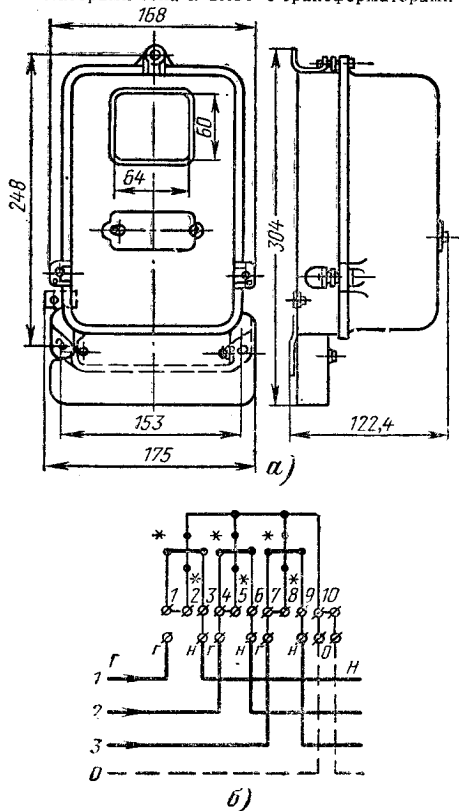


Рис. 35-34. Габаритный чертеж и схема включения счетчиков типа СА4, СА4У.



а — размеры; б — схема непосредственного включения счетчиков типа СА4; в — схема включения счетчиков типа СА4 и СА4У с трансформаторами тока; г — схема учета активной энергии в трехфазных сетях при помощи одного однофазного счетчика; 1 — для счетчиков напряжением выше 250 В; 2 — для счетчиков напряжением выше 380 В.

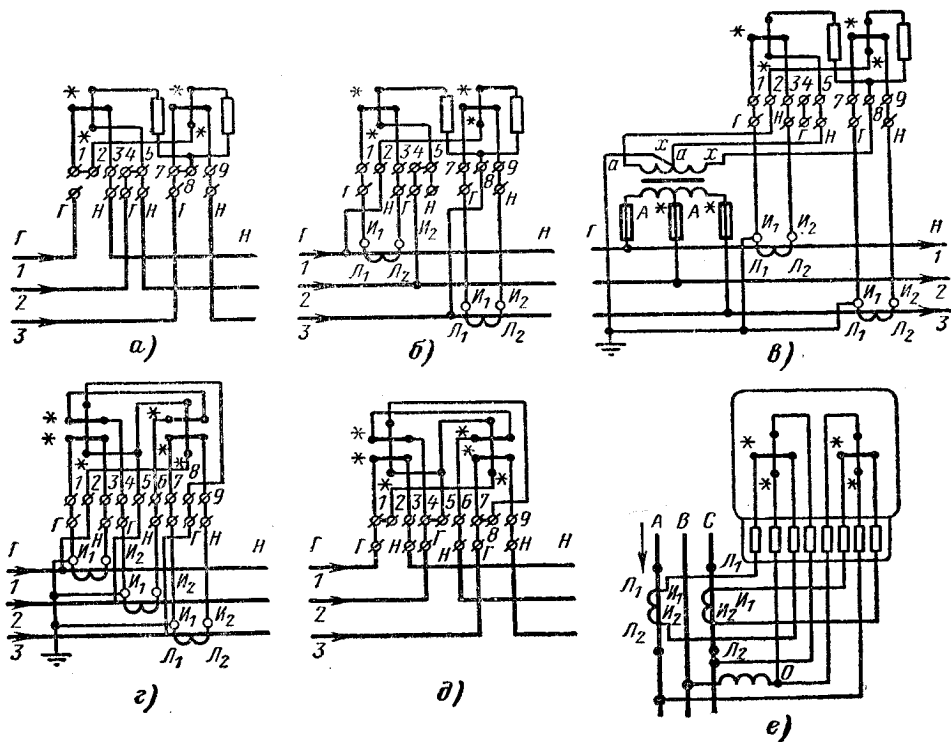


Рис. 35-35. Схемы включения счетчиков типа CR3, CR3У, CR4, CR4У.

*a* — непосредственное включение счетчика типа CR3; *b* — включение счетчиков типа CR3 и CR3У с трансформаторами тока; *c* — включение счетчиков типа CR3 и CR3У с трансформаторами тока и напряжения; *d* — включение счетчиков типа CR4 и CR4У с трансформаторами тока и дополнительной последовательной обмоткой; *e* — непосредственное включение счетчиков типа CR4 и CR4У с дополнительной последовательной обмоткой; *e* — схема учета реактивной энергии при помощи одного двухэлементного счетчика (может быть заменен двумя однофазными счетчиками): А — для 380 В.

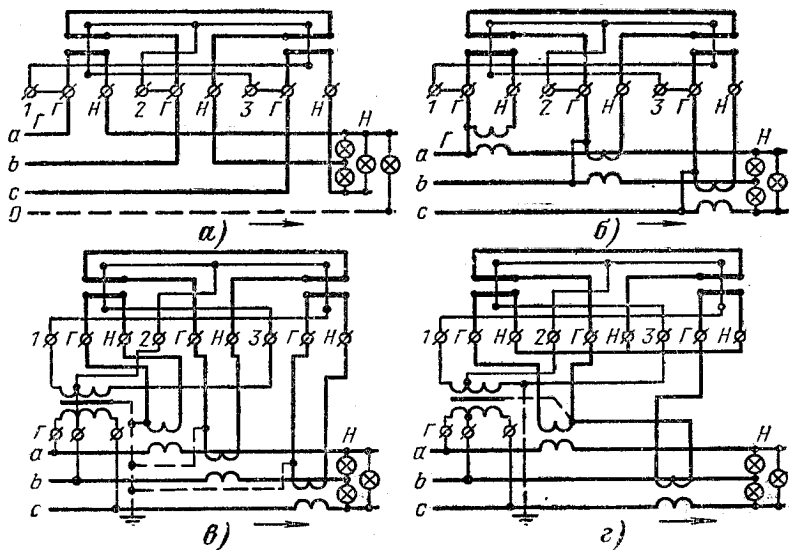


Рис. 35-36. Схемы включения счетчика реактивной энергии типа ИТР.

*a* — непосредственное включение в сеть; *b* — включение в сеть с тремя трансформаторами тока; *c* — включение в сеть с тремя трансформаторами тока и одним трансформатором напряжения; *d* — включение в сеть с двумя трансформаторами тока и одним трансформатором напряжения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

35-1. Шкурин Г. П. Справочник по электроизмерительным приборам. М., Обorongиз, 1960.

35-2. Шкурин Г. П. Справочник по

новым электроизмерительным приборам. М., Изд-во МО СССР, 1964.

35-3. Каталог изделий Чебоксарского электроаппаратного завода, БТИ ЧЭАЗ, 1963—65 г.

35-4. Каталог изделий Омского завода «Электроточприбор», 1968.

**РАЗДЕЛ ТРИДЦАТЬ ШЕСТОЙ****ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК****36-1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

Эксплуатация электроустановок промышленных предприятий осуществляется в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей [Л. 36-1]. Эксплуатация промышленных электростанций и линий связи с энергосистемой осуществляется в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей [Л. 36-2]. Во всех случаях необходимо выполнение требований Правил устройства электроустановок [Л. 36-3], ведомственных инструкций и других директивных материалов.

При особых условиях производства и для специальных электроустановок разрабатываются местные инструкции, которые утверждаются руководством данного предприятия или вышестоящей организации и согласовываются с технической инспекцией профсоюза и энергоснабжающей организацией. Требования местных инструкций не должны противоречить требованиям Правил, а могут лишь дополнять и развивать их. Не допускается смягчения требования Правил. Ужесточение требований должно быть в каждом случае обосновано.

**36-2. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ****А. Общие положения**

Для каждой электроустановки составляются рабочие эксплуатационные схемы электрических соединений на всех напряжениях переменного и постоянного тока для нормальных режимов. Такие схемы должны обеспечивать сочетание максимальной надежности и экономичности электроснабжения потребителей.

На щитах управления подстанций (телемеханизированных и нетелемеханизированных) при отсутствии действующей мнемонической схемы должна находиться оперативная схема электрических соединений или схема-макет, на которой обозначаются

действительное положение всех аппаратов и места наложения переносных заземлений с указанием их номеров. Все изменения соединений в электрической установке отмечаются на оперативной схеме после производства операций.

Переключения в электрических схемах распределительных устройств подстанций, щитов и сборок должны производиться по распоряжению или с ведома вышестоящего дежурного персонала (или старшего электрика), в ведении или управлении которого находится данное оборудование, с записью в оперативный журнал.

Включение и отключение цехового электрооборудования при наличии пульта управления у технологического агрегата производится цеховым персоналом по согласованию с дежурным на соответствующей подстанции. Порядок оформления заявок на отключение цехового оборудования в случае необходимости утверждается энергетиком предприятия (цеха) и согласовывается с руководителем предприятия (цеха).

В случае, когда отключение цехового электрооборудования производилось по устной или письменной заявке цехового персонала для производства каких-либо работ, следующее включение этого оборудования может быть произведено только по требованию лица, давшего заявку на отключение, лица, сменившего его или уполномоченного им и в данный момент его заменяющего.

Перед пуском временно отключенного цехового электрооборудования оперативный персонал электрооборудования должен убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающий на нем персонал о предстоящем включении.

При не терпящих отлагательства несчастных случаях с людьми, пожаре, стихийном бедствии, а также ликвидирующей аварии допускается производство переключений без ведома вышестоящего дежурного, но с последующим его уведомлением в оперативном журнале. Исключение составляет включение транзитных линий, несинхронное включение которых недопустимо.

Список лиц, имеющих право производить оперативные переключения, утверждается ответственным за электрохозяйство установок.

Передачу распоряжения о производстве переключений можно осуществлять лично

(устно), по телефону, письменно, а если имеется телеграфная связь — по телеграфу. Запрещается устная передача распоряжения через третье лицо.

При устной передаче распоряжения отдающий распоряжение должен знать в лицо принимающего распоряжение, знать, что последний находится в данный момент на дежурстве и имеет право исполнить распоряжение.

При передаче распоряжения о переключении по телефону отдающий обязан назвать себя, выяснить фамилию принимающего и проверить по спискам право последнего исполнить распоряжение.

Лицо, получившее распоряжение о производстве переключений в устной форме (лично или по телефону), записывает задание в оперативный журнал (при отсутствии звукозаписи переговоров), повторяет его отдающему распоряжение и получает подтверждение правильности восприятия.

При сомнениях в правильности или целесообразности полученного распоряжения лицо, принявшее его, обязано потребовать разъяснения от отдающего распоряжение. При получении разъяснения и повторении распоряжения получивший распоряжение обязан его выполнить. Исключение составляет случай, если принимающий распоряжение видит, что исполнение ведет к явной опасности для людей или грозит аварией. Тогда необходимо поставить в известность отдающего распоряжение об отказе в исполнении распоряжения и немедленно доложить своему непосредственному начальнику.

Разрешается устно передавать и принимать только одно распоряжение, понимая под ним совокупность ряда операций для достижения определенного изменения в схеме. Распоряжение считается выполненным после сообщения исполнителем об исполнении. Следующее распоряжение может отдаваться по окончании исполнения предыдущего.

При производстве переключений в электросетях выездными бригадами число заданий, выдаваемых одной бригаде, не ограничивается. На каждое задание перед выездом бригады выписывается отдельный бланк переключений. Непосредственно перед началом операции по очередному бланку переключений необходимо получить по телефону разрешение на выполнение задания от соответствующего дежурного.

При выполнении переключений двумя лицами лицо, получившее распоряжение, обязано разъяснить второму лицу, участвующему в переключении, порядок и последовательность предстоящих операций по оперативной схеме.

При возникновении сомнений в правильности производства операций переключения немедленно прекращаются и последовательность производства переключений повторно проверяется по оперативной схеме.

В распределительных устройствах напряжением выше 1 000 В все сложные переключения (производимые более чем на од-

ном присоединении) производятся двумя лицами: одно лицо непосредственно производит переключение, а второе (старшее по должности и с более высокой квалификацией, соответствующей требованиям Правил техники безопасности) осуществляет контроль за правильностью производства и последовательностью операций. Ответственность за правильность переключений лежит на обоих лицах.

Дежурному или оперативно-ремонтному персоналу разрешается единолично выполнять простые переключения на электрических установках, имеющих действующие устройства блокировки разъединителей от неправильных операций, а также все операции на щитах и сборках напряжением до 1 000 В.

Наличие блокировок не освобождает от необходимости соблюдать все правила производства переключений.

Все простые переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1 000 В, а также сложные переключения в распределительных устройствах, полностью оборудованных блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, могут производиться без бланков переключений, но с записью в оперативном журнале. Если распределительные устройства не оборудованы блокировочными устройствами или оборудованы не полностью, переключения производятся по бланкам переключений с записью в оперативном журнале.

Переключения при ликвидации аварий производятся без бланков с последующей записью в оперативном журнале.

При выполнении переключений, требующих оформления бланком переключения, он заполняется непосредственно после получения распоряжения с указанием каждой операции (коммутационные операции с выключателями и разъединителями, операции с защитой и автоматикой, наложение и снятие заземлений), в порядке точной последовательности их выполнения.

Бланк переключений подписывается лицом, выполняющим операции, и контролирующим. В случае выполнения переключений по бланку одним лицом заполненный бланк прочитывается по телефону лицу, отдавшему распоряжение о переключении, и после получения устного подтверждения последовательности операций дежурный записывает фамилию этого лица в графу «лицо контролирующее».

## Б. Действия с разъединителями

Разъединители не предназначены для включения и отключения рабочего тока электрических цепей.

Разъединителями разрешается выполнять следующие операции:

1. Отключение линий напряжением до 35 кВ, имеющих однофазное замыкание на землю при токе не более 5 А, а для линий напряжением до 10 кВ — не более 30 А.

2. Включение и отключение воздушных и кабельных линий напряжением до 10 кВ при наличии уравнивающего тока в них до 70 А.

3. Включение и отключение нагрузочного тока линий до 15 А при напряжении до 10 кВ (для трехполюсного разъединителя с механическим приводом).

4. Разземление и заземление нейтрали трансформаторов.

5. Включение и отключение дугогасящих катушек при отсутствии в сети замыкания на землю.

6. Включение и отключение обходных разъединителей, если шунтируемый ими выключатель включен.

7. Включение и отключение нагруженных силовых трансформаторов (их намагничивающего тока) напряжением до 10 кВ мощностью до 750 кВ·А (стандартными трехполюсными разъединителями с механическим приводом), а также более высокого напряжения в соответствии с табл. 36-1.

8. Отключение разъединителями (отделителями) отечественного производства наружной установки намагничивающего тока силовых трансформаторов и зарядного тока воздушных и кабельных линий, если величина этих токов не превышает значений, указанных в табл. 36-1.

9. Включение и отключение цепи трансформаторов напряжения.

Отключение намагничивающего тока трансформаторов с дугогасящими катушками в нейтрали разрешается производить после отключения этих катушек.

Если разъединитель, имеющий ручной привод, включается ошибочно на включенную цепь, в результате чего возникает дуга, следует доводить операцию по включению

до конца, что позволит уменьшить размеры повреждения. В случае рычажного ручного привода надо стремиться избежать удара в конце хода рукоятки.

Если разъединителем с ручным приводом ошибочно отключается цепь, имеющая значительный ток, и при этом возникает дуга, то в случае червячного привода следует немедленно изменить направление движения и вернуть разъединитель во включенное положение, а в случае рычажного привода — быстро довести операцию по отключению до конца.

При наличии однополюсных разъединителей дуга возникает при ошибочном отключении первого ножа. Если дуга не перекосилась на другие фазы, следует вновь включить ошибочно отключенный нож разъединителя.

**В. Производство переключений в нормальных условиях эксплуатации**

1. *Отключение одиночной линии (рис. 36-1, а).* Отключение линии с переводом ее в горячий резерв (постоянную готовность к немедленному включению) производится путем отключения выключателя *В*.

Отключение линии с переводом ее в холодный резерв производится в следующем порядке:

- отключается выключатель *В*;
- отключается линейный разъединитель *ЛР*;
- отключается шинный разъединитель *ШР*.

Для отключения линии с целью вывода в ремонт выключателя *В* необходимо:

Таблица 36-1

Максимальные токи, которые могут быть отключены разъединителями

$U_n$ , кВ	Разъединители		Отключение			
	Конструкция	Минимальное расстояние между полюсами, м	трансформаторов		линий	
			Максимальный отключаемый намагничивающий ток при $1,05 U_{ном}$ , А	Максимальная мощность (магнитопровод из горячекатаной стали), МВ·А	Максимальный зарядный ток, А	Максимальная длина воздушной ЛЭП, км
20	Вертикально-рубящие	1,2 1,6	2,0 11,0	1,0 10,0	1,0 3,5	25 Любая
	Горизонтально-поворотные с двумя ножами	1,6 2,0	2,0 11,0	1,0 10,0	1,0 3,5	35 Любая
35	Вертикально-рубящие	1—1,2 1,6	2,3 11,0	1,8 20,0	1,0 3,5	20 69
	Горизонтально-поворотные с двумя ножами	1—1,2 2,0	2,3 11,0	1,8 20,0	1,0 3,5	20 69
110	Вертикально-рубящие	2,0 2,5 3,0	2,0 10,0 14,5	5,6 31,5 40,5	1,0 4,0 5,0	8 23 28
	Горизонтально-поворотные с двумя ножами	2,5 3,0 3,5	2,0 10,0 14,5	5,6 31,5 40,5	1,0 4,0 5,0	8 23 28

а) получить сообщение об отключении линии на ее приемном конце и проверить по амперметру отсутствие нагрузки в линии (при отсутствии коммутирующей аппаратуры на приемном конце линии известить персонал об отключении);

б) отключить выключатель  $B$ ;

в) на ключ управления выключателя вывесить плакат «Не включать — работают люди!»;

г) по механическому указателю положения проверить отключенное положение выключателя и снять оперативный ток с привода выключателя;

д) в случае возможности питания линии с противоположного конца проверить отсутствие напряжения на линейном разъединителе  $ЛР$ ;

е) отключить линейный разъединитель;

ж) отключить шинный разъединитель  $ШР$  (при двойной системе шин отключить  $ШР$  рабочей системы шин) и проверить его отключение;

з) запретить на замок приводы отключенных разъединителей  $ЛР$  и  $ШР$  (при двойной системе шин также  $ШР$  резервной системы шин);

и) проверить отсутствие напряжения на выводах выключателя и установить на них два комплекса заземлений (по одному с обеих сторон выключателя);

к) вновь проверить отсутствие напряжения на линейном разъединителе и заземлить линию;

л) установить ограждения и вывесить необходимые плакаты в соответствии с требованиями Правил безопасности;

м) допустить ремонтную бригаду для работ на выключателе.

Аналогично выполняются операции при выводе в ремонт не только выключателя, но и линии. В этом случае на приводе линейного разъединителя вывешивается плакат «Не включать — работа на линии!».

**2. Отключение спаренных линий, питающихся от одного выключателя (рис. 36-1, б).** Отключение в общем случае производится, как и для одиночной линии, но при операциях по отключению линейных разъединителей следует отключить поочередно  $ЛР1$  и  $ЛР2$ . При выполнении ремонтных работ заземлению подлежат обе линии.

При наличии огнестойких перегородок в ячейке между линейными разъединителями  $ЛР1$  и  $ЛР2$  можно вывести в ремонт одну из спаренных линий (например,  $Л2$ ) без отключения выключателя  $B$  и перерыва питания другой линии. Порядок выполнения:

а) ток измерительными клещами тщательно проверить отсутствие нагрузки на линии  $Л2$ ;

б) отключить линейный разъединитель  $ЛР2$ ;

в) запретить на замок привод отключенного разъединителя;

г) проверить отсутствие напряжения на линии  $Л2$ ;

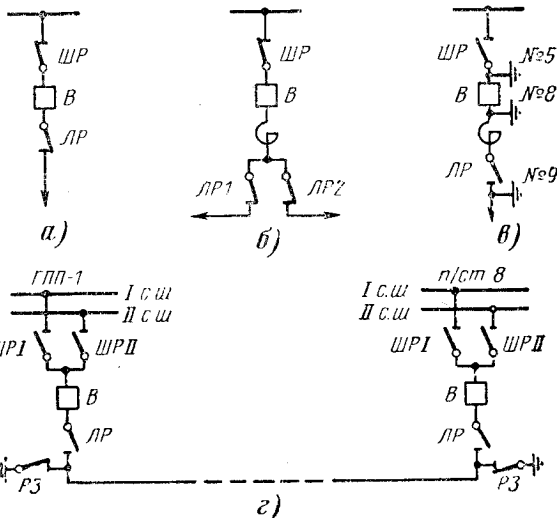


Рис. 36-1. Отключение и включение линий.

а — отключение одиночной линии; б — отключение спаренных линий, питающихся от одного выключателя; в — ввод в работу линии после ремонта; г — ввод в работу воздушной линии после ремонта.

д) на приводе линейного разъединителя  $ЛР2$  вывесить плакаты «Не включать — работа на линии!» и «Заземлено»;

е) сообщить абоненту о выводе в ремонт линии  $Л2$ .

**3. Включение линии.** Включение линии, находящейся в горячем резерве (разъединители включены, выключатель отключен), производится включением выключателя.

Включение линии, находящейся в холодном резерве, производится в порядке, обратном отключению:

а) включается шинный разъединитель  $ШР$ ;

б) включается линейный разъединитель  $ЛР$  (или линейные разъединители  $ЛР1$  и  $ЛР2$ );

в) включается выключатель  $B$ .

Если линия (или выключатель) была выведена в ремонт с наложением переносных заземлений, для ввода линии в работу по окончании работы необходимо (рис. 36-1, в):

а) снять переносные заземления № 5 и 8 с выключателя  $B$  и № 9 с линейного разъединителя  $ЛР$ ;

б) по механическому указателю положения проверить отключенное положение выключателя  $B$ ;

в) снять замки с приводов разъединителей  $ШР$  и  $ЛР$ ;

г) включить шинный разъединитель линии  $ШР$  (при двойной системе шин включается  $ШР$  рабочей системы шин);

д) включить линейный (или линейные) разъединитель  $ЛР$ ;

е) подать оперативный ток на привод выключателя  $B$ ;

ж) включить выключатель;

з) сообщить абоненту о том, что напряжение по линии подано.

Для ввода в работу воздушной линии электропередачи после ремонта, если заземление осуществлялось не с помощью переносных заземлений, а разъединителями РЗ, необходимо (рис. 36-1, з):

а) проверить по нарядам и по записям в оперативном журнале, все ли бригады закончили работы, после чего снять плакаты «Не включать — работа на линии!» на обеих подстанциях;

б) отключить заземляющие разъединители РЗ на питающей подстанции ГПП-1;

в) отключить заземляющие разъединители РЗ на приемной подстанции 8 (потребители которой на время ремонта линии питались по другим каналам.);

г) запереть на замок приводы отключенных заземляющих разъединителей РЗ на ГПП-1 и подстанции 8;

д) снять плакаты «Заземлено», включить шинный разъединитель ШР1 на I (или ШРII на II) систему шин и линейный разъединитель ЛР на ГПП-1;

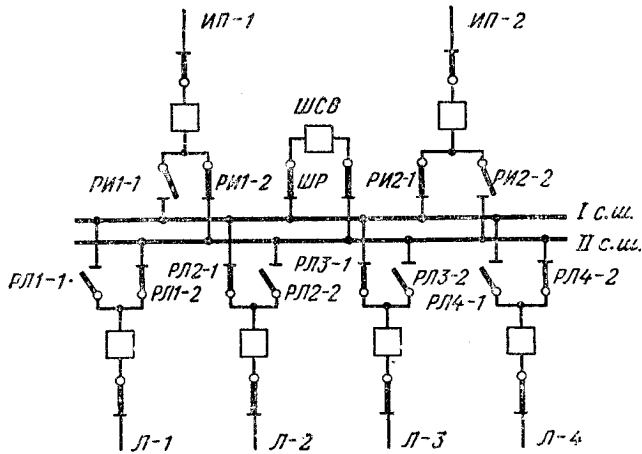
е) снять плакат «Заземлено», включить шинный разъединитель ШР1 на I (или ШРII на II) систему шин и линейный разъединитель ЛР на подстанции 8;

ж) получить согласие на включение в работу линии от оперативного персонала подстанции 8;

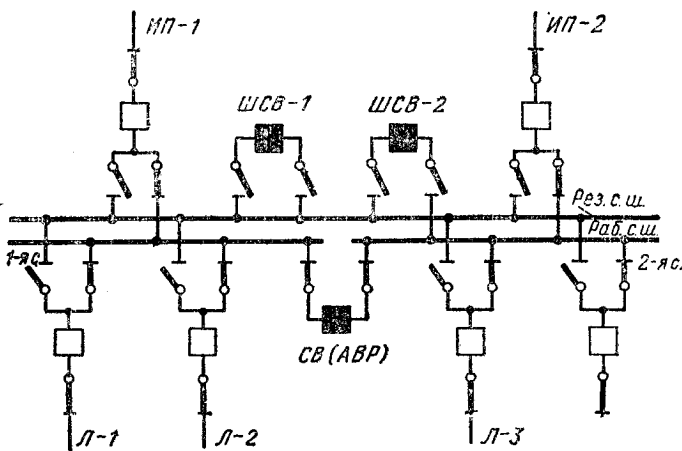
з) включить выключатель В на ГПП-1;

и) включить выключатель В на подстанции 8;

к) проверить распределение нагрузки



а)



б)

Рис. 36-2. Переключение на подстанциях.

а — с двойной несекционированной системой шин; б — с двойной секционированной системой шин.

между данной линией и остальными каналами питания подстанции 8;

л) сообщить вышестоящему оперативному персоналу о включении линии в работу.

4. *Вывод в ремонт шиносоединительного выключателя (рис. 36-2, а).* Если источники питания и нагрузка подключены к обеим системам шин и шиносоединительный выключатель включен, для вывода последнего в ремонт необходимо:

а) в случае необходимости сохранить параллельную работу всех источников питания — переключить все источники питания и потребителей на одну систему шин (см. ниже п. 5);

б) отключить шиносоединительный выключатель (*ШСВ*);

в) снять оперативный ток с привода *ШСВ*;

г) отключить шинные разъединители *ШСВ* с обеих систем шин (первым отключается *ШР ШСВ* со стороны разгруженной системы шин);

д) запретить на замок приводы отключенных разъединителей *ШСВ*;

е) проверить отсутствие напряжения на всех трех фазах с каждой стороны *ШСВ*;

ж) установить 2 комплекта заземления (с обеих сторон между *ШСВ* и его разъединителями);

з) вывесить в соответствии с правилами безопасности плакаты, ограждения и произвести допуск бригады на рабочее место.

Если не требуется параллельной работы всех источников питания, п. «а» не выполняется.

Если *ШСВ* был отключен (независимо от того, находились ли в работе обе системы шин или одна), то не выполняются пп. «а» и «б». Вместо них необходимо проверить по механическому указателю отключенное положение *ШСВ*.

5. *Перевод присоединений с одной системы шин на другую.* Если до начала операции обе системы шин находились в работе и *ШСВ* был включен (рис. 36-2, а), то для перевода всей или части (например, только *Л-2*) нагрузки с I системы шин на II систему шин необходимо:

а) снять оперативный ток с привода *ШСВ*;

б) включить шинные разъединители I системы шин тех присоединений, которые должны быть переключены с I системы шин на II систему шин (при переводе всей нагрузки включаются *РЛ2-2*, *РЛ3-2*, *РИ2-2*, а при переключении только линии *Л-2* — разъединитель *РЛ2-2*);

в) отключить шинные разъединители переключаемых присоединений (*РЛ2-1*, *РЛ3-1*, *РИ2-1* или только *РЛ2-1*);

г) по амперметру проверить отсутствие тока в *ШСВ*;

д) подать оперативный ток на привод *ШСВ*;

е) отключить *ШСВ*.

При частичном переводе нагрузки выполнения пп. «г» — «е» не требуется.

Если до начала операции все присоединения были включены на одну систему шин, а вторая была отключена, то необходимо предварительно включить разъединители *ШСВ* (первым включается разъединитель со стороны включенной системы шин), включить *ШСВ* и, если не произошло отключения релейной защиты *ШСВ*, выполнить указанные выше операции в той же последовательности (см. пп. 6 и 7).

В случае отсутствия *ШСВ* возможен только полный перевод нагрузки с одной системы шин на другую. Последовательность операций:

а) произвести тщательный внешний осмотр системы шин, которая была отключена (например, II система шин);

б) включить шинные разъединители II системы шин всех присоединений и проверить их включенное положение;

в) перевести питание цепей напряжения измерительных приборов, защиты и автоматики с трансформатора I системы шин на трансформатор напряжения II системы шин;

г) отключить шинные разъединители I системы шин всех присоединений и проверить их отключенное положение.

6. *Вывод в ремонт системы или секции шин.* Будем рассматривать случай двойной секционированной системы шин (рис. 36-2, б). При несекционированной системе шин последовательность операций та же, но вместо двух шиносоединительных (*ШСВ*) и одного секционного выключателя (*СВ*) действия производятся над одним шиносоединительным выключателем.

Если выводится в ремонт резервная система шин, то необходимо:

а) проверить по механическому указателю отключенное положение *ШСВ-1* и *ШСВ-2*;

б) если были включены разъединители шиносоединительных выключателей, отключить их (первым отключается разъединитель со стороны резервной системы шин) и проверить отключенное положение;

в) отключить шинные разъединители трансформатора напряжения резервной с. ш.;

г) проверить отключенное положение шинных разъединителей всех присоединений от резервной с. ш. и запретить их приводы на замок;

д) проверить отсутствие напряжения на резервной с. ш., закоротить и заземлить ее или включить заземляющие ножи этой с. ш.;

е) вывесить в соответствии с правилами безопасности плакаты, поставить ограждения и произвести допуск бригады на рабочее место.

Если выводится в ремонт рабочая система шин (например, секция 2), последовательность операций следующая:



а) осмотреть резервную систему шин;  
б) отключить АВР на СВ;

в) на максимальной защите ШСВ-2 установить минимальные уставки по току и времени;

г) включить разъединители ШСВ-2 (первым включается разъединитель со стороны рабочей системы шин);

д) включить ШСВ-2;

е) проверить наличие напряжения на резервной системе шин;

ж) снять оперативный ток с привода ШСВ-2;

з) включить шинные разъединители всех присоединений 2-й секции (Л-3, ИП-2, Л-4) на резервную систему шин и проверить их включение;

и) отключить шинные разъединители Л-3, ИП-2, Л-4 от 2-й секции рабочей системы шин и проверить их отключение;

к) перевести питание цепей напряжения измерительных приборов, релейных защит и автоматики с трансформатора 2-й секции рабочей системы шин на трансформатор напряжения резервной системы шин;

л) проверить по механическому указателю отключенное положение СВ;

м) отключить разъединители СВ и проверить отключенное положение;

н) снять оперативный ток с привода СВ;

о) проверить по амперметру отсутствие нагрузки на ШСВ-2;

п) дать оперативный ток на привод ШСВ-2 и отключить его;

р) отключить разъединители ШСВ-2 и проверить их отключение;

с) снять оперативный ток с привода ШСВ-2;

т) отключить шинные разъединители трансформатора напряжения 2-й секции рабочей системы шин;

у) запереть на замок приводы отключенных разъединителей всех присоединений 2-й секции;

ф) проверить отсутствие напряжения на 2-й секции и установить после этого заземление;

х) вывесить в соответствии с правилами безопасности плакаты, поставить ограждения и произвести допуск бригады на рабочее место.

**7. Ввод в работу секции сборных шин после ремонта** (конечная схема на рис. 36-2, б).

Вторая секция рабочей системы шин находилась в ремонте. При этом источник питания ИП-2 питал потребителей 2-й секции через резервную с.ш. Разъединители СВ были отключены. Для ввода в работу 2-й секции рабочей системы шин необходимо:

а) снять заземление со 2-й секции (или отключить заземляющие ножи);

б) проверить состояние изоляции 2-й секции шин мегомметром;

в) снять замки с приводов разъединителей всех присоединений 2-й секции;

г) включить разъединители ШСВ-2 (первым включается разъединитель со стороны резервной системы шин, которая в настоящий момент находится под напряжением) и проверить их включенное положение;

д) включить разъединители СВ и проверить их включенное положение;

е) поставить предохранители с высокой и низкой стороны трансформатора напряжения, включить разъединитель трансформатора напряжения 2-й секции;

ж) проверить отсутствие напряжения на 2-й секции;

з) установить минимальные уставки по току и времени на защите ШСВ-2, подать оперативный ток на привод ШСВ-2;

и) включить ШСВ-2;

к) снять оперативный ток с привода ШСВ-2;

л) проверить (можно по вольтметрам) наличие напряжения на 2-й секции рабочей с.ш.;

м) включить шинные разъединители источников питания и потребителей (в данном случае Л-3, ИП-2, Л-4) на 2-ю секцию рабочей системы шин и проверить включенное положение;

н) отключить шинные разъединители Л-3, ИП-2, Л-4 от резервной системы шин;

о) подать оперативный ток на приводы ШСВ-2 и СВ;

п) включить СВ (если это требуется местной инструкцией, то перед включением СВ проверить синхронность напряжения);

р) проверить по амперметру отсутствие нагрузки резервной системы шин и отключить ШСВ-2;

с) включить необходимую защиту и автоматику на СВ и ШСВ-2 и установить требуемые уставки.

Пункт «п» выполняется в том случае, если секции 1-я и 2-я должны работать параллельно. Для получения схемы, изображенной на рис. 36-2, б, выполнения этого пункта не требуется.

**Примечание.** В пп. 5—7 указано (например, пп. 7 «м» — «н»), что вначале включаются шинные разъединители всех присоединений на одну (вводимую) систему шин, а затем отключаются разъединители этих присоединений от другой (отключаемой или разгружаемой) системы шин. Такая последовательность целесообразна при расположении разъединителей различных систем в разных коридорах. Если все разъединители находятся в одном коридоре, то можно сначала включить один разъединитель и отключить другой на одном присоединении, затем на втором присоединении т. д. При этом необходимо после переключения разъединителей каждого присоединения проверить соответственно отключенное и включенное положения и запереть разъединители. Все остальные операции производятся в том же порядке, как указано в пп. 5—7.

**8. Вывод в ремонт линейного выключателя с сохранением питания линии.** Вывод

в ремонт линейного выключателя в распределительном устройстве с одной системой шин (если имеется по одному выключателю на линии) приводит к перерыву электроснабжения линии на все время ремонта выключателя (см. п. 1, рис. 36-1, а). В случае двойной системы шин (секционированной или несекционированной) при наличии

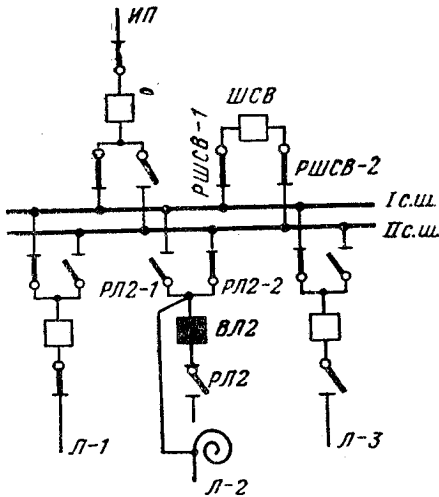


Рис. 36-3. Включение линии через шинносоединительный выключатель при ремонте линейного выключателя.

ШСВ можно осуществить питание линий через ШСВ, отключив и отсоединив линейный выключатель и поставив на его место перемычку (конечная схема на рис. 36-3).

В исходном положении РЛ2-1 был включен, РЛ2-2 отключен, ВЛ2 включен, РЛ2 включен, линия Л-2 присоединена к РЛ2, ШСВ отключен, РСШВ-1 и РСШВ-2 отключены.

Последовательность действий:

- а) осмотреть П с ш.;
- б) отключить ВЛ2;
- в) отключить РЛ2;
- г) отключить РЛ2-1;
- д) отсоединить выключатель ВЛ2 от шинных разъединителей;
- е) отсоединить линию Л-2 от линейного разъединителя РЛ2 и закрепить концы проводов каждой фазы на соответствующих изоляторах ближайшей опоры в виде петли (в закрытых РУ можно отсоединить ВЛ2 от РЛ2);
- ж) вывести ВЛ2 для ремонта (либо выполнить технические мероприятия в соответствии с правилами безопасности, позволяющие производить ремонт на месте);
- з) поставить перемычку (если отсоединялся ВЛ2 от РЛ2, то перемычка ставится между шинным и линейным разъединителями);
- и) защиту ШСВ настроить на параметры линии Л-2;

- к) включить РСШВ-1;
- л) включить РСШВ-2;
- м) включить ШСВ.

Здесь указаны только основные операции. Проверка отключенного и включенного положений аппаратов, отсутствия напряжения запитания на замки разъединителей производится в обычном порядке (как указано в предыдущих пунктах).

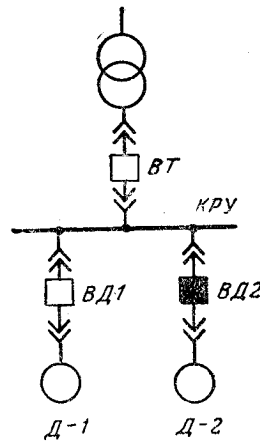


Рис. 36-4. Вывод в ремонт электродвигателя ответственного механизма.

9. Вывод в ремонт электродвигателя ответственного механизма (рис. 36-4). Наиболее ответственные механизмы имеют высокий процент резерва, и для вывода в ремонт работающего двигателя необходимо включить резервный. Последовательность действий:

- а) включить выключатель ВД2 находящегося в резерве механизма (двигатель Д-2);
  - б) перевести нагрузку с Д-1 на Д-2;
  - в) убедиться в исправной работе электродвигателя Д-2 и приводимого им механизма;
  - г) отключить выключатель ВД1 двигателя Д-1 и на рукоятке ключа управления вывесить плакат «Не включать — работают люди!»;
  - д) снять оперативный ток с привода выключателя ВД1;
  - е) выкатить (поставить в испытательное или ремонтное положение) из ячейки КРУ выключатель ВД1;
  - ж) проверить отсутствие напряжения, отсоединить от зажимов Д-1 и закоротить питающий кабель;
  - з) принять меры, препятствующие вращению двигателя от механизма.
10. Отключение одного из параллельно работающих трансформаторов (рис. 36-5). Отключение трансформатора Т1 с целью перевода в горячий резерв производится отключением выключателя ВТ1-2 (со вторичной стороны), а затем ВТ1-1.

При выводе трансформатора в ремонт одновременно, как правило, выводятся в ремонт и его выключатели со стороны первичного и вторичного напряжения.

Последовательность действий:

а) уточнить, какая будет нагрузка трансформатора  $T2$  после отключения  $T1$ , и в случае необходимости принять меры по

форсировке охлаждения трансформатора  $T2$ ;

б) отключить выключатель  $BT1-2$  со стороны вторичного напряжения, проверить, перешла ли нагрузка трансформатора  $T1$  на  $T2$ , и на рукоятке ключа управления выключателем  $BT1-2$  вывесить плакат «Не включать — работают люди!»;

в) отключить выключатель  $BT1-1$  со стороны первичного напряжения и на рукоятке ключа управления вывесить плакат «Не включать — работают люди!»;

г) по механическому указателю положения выключателя проверить отключенное положение  $BT1-2$  и снять оперативный ток с его привода;

д) по механическому указателю проверить отключенное положение  $BT1-1$  и снять оперативный ток с его привода;

е) отключить шинные разъединители трансформатора  $T1$  с рабочей системы шин вторичного напряжения, проверить их отключение и запереть на замок;

ж) отключить шинные разъединители  $T1$  с рабочей системы шин первичного напряжения, проверить их отключение и запереть на замок;

з) проверить отсутствие напряжения на всех фазах с обеих сторон выключателя  $BT1-2$  и установить два комплекта заземления на выводах выключателя с обеих сторон;

и) проверить отсутствие напряжения на всех фазах с обеих сторон выключателя  $BT1-1$  и установить два комплекта заземления на нем;

к) поставить необходимые ограждения и вывесить предупредительные плакаты в соответствии с правилами техники безопасности, произвести допуск ремонтных бригад.

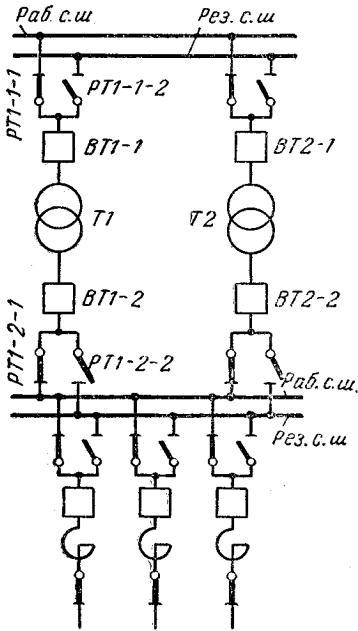


Рис. 36-5. Отключение одного из параллельно работающих трансформаторов.

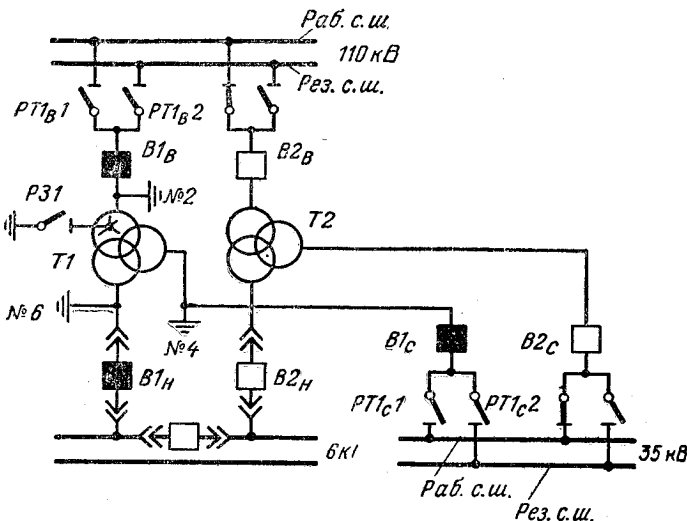


Рис. 36-6. Ввод в работу трехобмоточного трансформатора после ремонта.

Общим правилом для отключения одного из параллельно работающих трансформаторов независимо от того, какие аппараты установлены на стороне первичного и вторичного напряжения, является: отключить сначала трансформатор со стороны вторичного напряжения, а затем первичного.

11. Включение трансформатора на параллельную работу с другим трансформатором. Общим правилом при включении резервного параллельно с работающим (или работающими) является: включить аппараты сначала со стороны первичного напряжения (тогда в случае замыкания в трансформаторе или чрезмерного броска тока намагничивания защита отключит этот аппарат и авария не разовьется), а затем, если это включение было успешным, со стороны вторичного напряжения. Например, если трансформатор *T1* (рис. 36-5) был отключен (отключены *BT1-1*, *BT1-2* и все четыре разъединителя), то последовательность включения аппаратов следующая: *PT1-1-1*, *BT1-1* и, если защита не сработала, *PT1-2-1*, *BT1-2*.

В качестве примера приводится последовательность действий при вводе в работу трехобмоточного трансформатора *T1* (рис. 36-6) после ремонта (ремонтные работы производились только на трансформаторе):

а) снять переносные заземления № 2, 4 и 6 с трансформатора *T1*;

б) произвести тщательный осмотр трансформатора, проверить мегомметром изоляцию всех обмоток и произвести другие необходимые испытания;

в) удалить временные ограждения, снять предупредительные плакаты и установить постоянные ограждения;

г) снять замки с приводов разъединителей *PT1в-1* и *PT1с-1*;

д) включить разъединитель *P31* в нуле трансформатора, если это необходимо по режиму;

е) проверить отключенное положение выключателя *В1в*, включить шинный разъединитель *PT1в-1* на рабочую систему шин РУ 110 кВ;

ж) подать оперативный ток на привод выключателя *В1в*;

з) включить в работу охладительное устройство трансформатора;

и) включить выключатель *В1в*;

к) проверить отключенное положение выключателя *В1с* и включить шинный разъединитель *PT1с-1* на рабочую систему шин РУ 35 кВ;

л) подать оперативный ток на привод выключателя *В1с*, включить выключатель *В1с* и проверить, принял ли трансформатор *T1* нагрузку;

м) подать оперативный ток на привод выключателя *В1н*, включить выключатель *В1н* и проверить, как распределилась нагрузка между трансформаторами *T1* и *T2*.

### 36-3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Монтаж электрооборудования должен производиться, как правило, скоростным способом. Применение КРУ и КТП полностью обеспечивает проведение скоростного монтажа.

Поступающее для монтажа оборудование должно иметь паспортные данные и акты приемки, а также пройти ревизию и отбраковку.

На монтаж заранее составляется проект организации работ, состоящий из графиков и технологических карт.

Особенности монтажа отдельных видов электрооборудования указаны в § 36-4, 36-5, 36-7, 36-12, 36-13. Ниже изложены общие положения, обязательные во всех случаях.

Окраска одноименных фаз шин, концов жил кабелей и других частей электроустановок должна быть одинаковой.

При переменном трехфазном токе окрашивается: фаза *A* — в желтый цвет, фаза *B* — в зеленый, фаза *C* — в красный, нулевые шины, концы жил кабелей и т. д. — в белый при изолированной нейтрали и в черный при заземленной нейтрали. Резервные шины окрашиваются в цвет резервируемой фазы.

Однофазные ответвления от трехфазной системы окрашиваются в цвет соответствующих фаз трехфазного тока.

При однофазном переменном токе проводник, присоединенный к началу обмотки источника питания, окрашивается в желтый цвет, а к концу обмотки — в красный.

При постоянном токе положительная шина (+) окрашивается в красный цвет, отрицательная (—) — в синий, нейтральная — в белый.

В электроустановках должна быть обеспечена возможность легкого распознавания частей, относящихся к отдельным их элементам, что достигается простотой и наглядностью схем, надлежащим расположением электрооборудования, надписями, маркировкой, расцветкой (§ 36-12, А).

Выключатели и трансформаторы устанавливаются в ячейках с расчетом удобного и безопасного наблюдения за уровнем масла со стороны коридора (площадки) обслуживания и доступности контрольных кранов для взятия проб масла без отключения аппарата. На маслоспускных кранах должны быть установлены заглушки или защитные колпаки. Опорные конструкции, на которых устанавливаются баковые выключатели (до 10 кВ), должны иметь со стороны входа в камеру разъемные детали на случай быстрого и беспрепятственного демонтажа и удаления выключателя. Должна быть предусмотрена также возможность отпускания

бака выключателя на уровень, необходимый для осмотра и ремонта контактов.

Соединение частей привода выключателей и разъединителей при помощи троса или цепей, проходящих в камере выключателя или вблизи токоведущих частей, не допускается. У тяг (штанг) жесткой конструкции в этих случаях ставятся уловители (крючки, скобы). Не допускается применение дистанционных механических передач с очень сложными сочленениями. Блокировочные контакты соединяются с валом аппарата короткой жесткой связью.

Опасные изгибающие усилия и напряжения от температурных изменений длины и вибрации шин и проводов не должны передаваться на изоляторы. Эти усилия должны гаситься компенсаторами.

Для крепления аппаратуры и сборки конструкций применяются черные вороненые болты. Для присоединения шин к контактам аппаратов используются оцинкованные болты и гайки с утолщенными шайбами.

В сочленениях приводных механизмов должны применяться болты, гайки и шайбы стальные полустальные и стальные с антикоррозийным покрытием. Следует применять контргайки, пружинящие или пластинчатые замки в зависимости от степени воспринимаемых вибраций.

Смазка. Трущиеся части приводных механизмов после промывки их бензином и обтирки чистыми тряпками покрываются соответствующей смазкой (вазелин, солидол, незамерзающая смазка). Нетрущиеся и неокрашиваемые металлические части и конструкции (неотоковедущие) покрываются антикоррозийным составом. Резьбы болтов и гаек, применяемых для крепления аппаратов и их частей в наружных установках и сырых помещениях, смазываются солидолом или графитовым составом. Швы на армированных частях фарфоровой арматуры, устанавливаемой вне зданий, должны покрываться атмосферостойким лаком.

Крепление оборудования должно исключать поворачивание болтов при заворачивании гаек. Если нет возможности поддерживать ключом головку болта, последняя приваривается к конструкции. Если два аппарата крепятся общей шпилькой, должна быть обеспечена возможность демонтажа одного из них без ослабления креплений второго.

Крепления к стенам и фундаментам выполняются с соблюдением следующих правил:

1) отверстия и гнезда размером более  $30 \times 30$  мм заготавливаются по разметочным чертежам проекта в период производства строительных работ путем закладывания в опалубку пробок и шаблонов;

2) отверстия для установки стальных деталей выполняются глубиной не менее 65 мм в железобетонной стене и 100 мм в кирпичной (каменной) с размером сторон

на 30—40 мм больше размера стороны детали;

3) отверстия для болтов заготавливаются размером, равным 2—3 диаметра болта;

4) гнездо для анкерного болта (штыря) заготавливается глубиной, равной 10 диаметрам штыря, а размер сторон — 4—5 диаметрам;

5) заливка штырей и мест крепления конструкции производится раствором, содержащим 1 часть цемента марки 200 или 300 и 2 части кварцевого песка;

6) при заливке раствора окружающая температура помещений должна быть не ниже  $+5^\circ\text{C}$ ;

7) для схватывания раствора при нормальной окружающей температуре 15—20 $^\circ\text{C}$  залитое место выдерживается 6—8 суток, а расчетной прочности раствор достигает через 20—25 суток.

Для крепления легких конструкций и аппаратов, не испытывающих постоянных ударов и вибраций, на вертикальных, наклонных и горизонтальных (кроме потолков) плоскостях могут применяться закрепы для установки в каменных стенах без заливки раствором (рис. 36-7).

Раздвижной (распорный) стальной закреп (рис. 36-7, а) забивается в заготовленное в бетонной или кирпичной стене отверстие. При заворачивании болта коническая гайка, в которую входит болт, подтя-

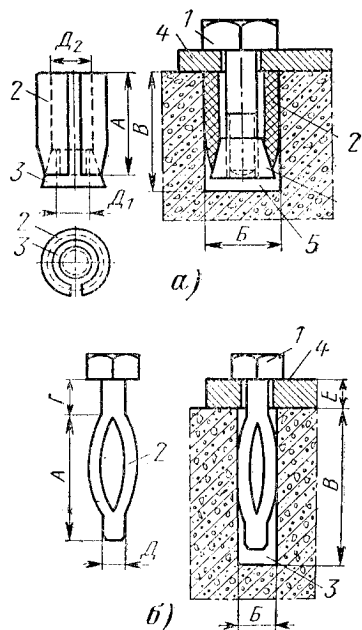


Рис. 36-7. Закрепы для установки в каменных стенах без заливки раствором.

а — стальной раздвижной закреп; 1 — болт; 2 — стальная оболочка; 3 — коническая гайка; 4 — закрепляемая деталь (фланец); 5 — гнездо в стене; б — стальной расщепленный закреп; 1 — закреп (болт); 2 — пружинящая часть закрепа; 3 — гнездо в стене; 4 — закрепляемая деталь.

Таблица 36-2

Раздвижные (распорные) стальные закрепы и отверстия для их установки

Размеры, мм				
А	Б	В	Д <sub>1</sub>	Д <sub>2</sub>
15	9,5	22	4	4,5
15	11,5	22	6	6,5
25	14	35	8	8,5
25	17	35	10	10,5
30	20	45	12	12,7
35	24	54	14	15,0

Таблица 36-3

Расщепленные закрепы и отверстия для их установки

Размеры, мм					
А	Б	В	Г	Д	Е
27	6	30	7	4	3—5
48	6	55	12	4	6—10
48	8,5	55	13	6	6—10
55	8,5	60	15	6	10—12
52	12	60	13	10	8—10
62	12	75	18	10	10—15
62	15	75	18	12	10—15
72	15	82	18	12	10—15

гивается и, раздвигая стальную оболочку закрепа, закрепляет его в отверстии. Данные таких закрепов приведены в табл. 36-2.

Расщепленный закрепы из пружинной стали забивается (рис. 36-7, б) в отверстие стены, как гвоздь, при этом пружинящая часть, сжимаясь, закрепляет его в отверстии. Данные таких закрепов приведены в табл. 36-3.

Ограждения электроустановок выполняются сплошными или из сеток (решеток) с ячейкой 20×20 мм. Рамы дверок и ограждений должны иметь упор, не позволяющий открывать их внутрь помещения, камеры и т. д. Распределительное устройство должно иметь выходы с двух сторон.

Хранение оборудования. До установки изоляционные и сменные части должны храниться в сухом помещении, где исключена возможность попадания на изоляцию проводящей пыли (уголь, зола, металлическая и строительная пыль и т. д.). Изоляционные детали из органических материалов плотно обертываются промасленной или парафинированной бумагой. Детали, работающие в масле, рекомендуется хранить в чистом, сухом масле. Маслонаполненные вводы хранятся в вертикальном положении с нормальным уровнем масла. Неокрашенные трущиеся металлические части должны быть покрыты антикоррозийным составом.

## 36-4. ПРИЕМКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

А. Основные правила сооружения воздушных линий

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) напряжением до или выше 1000 В должны удовлетворять требованиям ПУЭ.

Вдоль линий электропередачи, проходящих по населенной местности, устанавливаются охранные зоны, определяемые параллельными прямыми, отстоящими от крайних проводов линии напряжением до 20 кВ включительно на расстоянии 10 м, для линии до 35 кВ — 15 м, до 110 кВ — 20 м, до 220 кВ — 25 м.

Запрещается производство строительных и земляных работ в охранный зоне, складирование материалов, устройство каких-либо временных сооружений, стоянок машин и механизмов, а также выполнение полевых сельскохозяйственных работ с применением высокогабаритных машин без согласования с администрацией предприятия, в ведении которого находится эта линия.

Расстояние по вертикали между нижней точкой провода ВЛ и землей (габарит) при высшей температуре воздуха или гололеде (без ветра) должно быть не менее 6 м для ВЛ до 110 кВ, 6,5 м для ВЛ 150 кВ, 7 м для ВЛ 220 кВ.

Горизонтальные расстояния от крайних проводов ВЛ при наибольшем их отклонении (с учетом максимальной стрелы провеса и максимального отклонения ветром) до ближайших выступающих частей зданий и сооружений должны быть для линий напряжением до 20 кВ включительно не менее 2 м, для ВЛ 35—110 кВ — не менее 4 м, для ВЛ 150 кВ — не менее 5 м, для ВЛ 220 кВ — не менее 6 м. Оставлять существующие и строить новые здания и сооружения под ВЛ, за исключением несгораемых помещений промышленных предприятий, запрещается.

При прохождении ВЛ по территории фруктовых садов с посадками высотой не более 4 м вырубка просек обязательна. Расстояния от крайних проводов ВЛ до кроны деревьев в парках, заповедниках и др. должны быть не менее 2 м для ВЛ напряжением до 20 кВ, 3 м для ВЛ 35—110 кВ, 4 м для ВЛ 150—220 кВ.

Трасса ВЛ должна периодически расчищаться от поросли деревьев и пр. Ширина просек должна соответствовать требованиям «Правил охраны высоковольтных электрических сетей».

Места пересечения ВЛ с судоходной рекой, каналом или водохранилищем должны обозначаться на берегах сигнальными знаками согласно «Правилам плавания по водным путям СССР».

В местах пересечения ВЛ с подземными железнодорожными путями, по которым возможно передвижение негабаритных

грузов, кранов и т. п., устанавливаются «габаритные ворота». В местах возможных повреждений опор ВЛ транспортом устанавливаются отбойные тумбы.

Опоры ВЛ высотой более 50 м в случае необходимости оборудуются светоограждением в соответствии с требованиями «Правил светоограждения и маркировки препятствий на территории СССР в целях обеспечения безопасности полетов».

При прохождении ВЛ по местам, где возможны низовые пожары, должны быть приняты противопожарные меры: очистка от травы и кустарника площадки радиусом 2 м вокруг каждой опоры или применение железобетонных пасынков.

Опоры ВЛ должны иметь следующие постоянные знаки:

а) порядковый номер и год установки на всех опорах;

б) номер линии или условное обозначение на всех опорах участка трассы с параллельно идущими линиями; на двухцепных опорах, кроме того, обозначается соответствующая цепь;

в) расцветка фаз на концевых опорах и на опорах, где меняется расположение проводов ВЛ 35 кВ и выше;

г) предостерегающие плакаты на высоте от 2,5 до 3 м от земли на всех опорах в населенной местности и на пересечениях с дорогами.

При прохождении линии по населенной местности предупредительные плакаты допускается устанавливать через одну опору.

Деревянные опоры изготавливаются из пропитанной антисептиком древесины (сосна, лиственница) не ниже III сорта. Допускается применение непропитанных бревен лиственницы зимней рубки. Ель и пихта могут применяться для ВЛ 35 кВ и ниже, но не для траверс и приставок.

Все горизонтально и наклонно расположенные торцы стоек и пасынков опор рекомендуется защищать крышками из шифера, жести, толя и т. д.

Металлические опоры и металлические детали железобетонных и деревянных опор покрываются устойчивыми против атмосферных воздействий красителями, а подожники — кузбасским лаком или битумом.

Соединение проводов и тросов производится сваркой или при помощи специальных зажимов. Соединение проводов из разнородных металлов производится в петлях и выполняется специальными переходными зажимами (см. также § 36-13, В).

Провода и тросы ВЛ в пролетах пересечения, как правило, не должны иметь соединения.

## Б. Приемка воздушных линий в эксплуатацию

Воздушная линия электропередачи может быть принята в эксплуатацию после окончания всех основных и вспомогательных сооружений.

При приемке производятся осмотры и испытания воздушных линий.

Производится наружный осмотр линии с земли, а также верховой осмотр крепления траверс, сборки и установки изоляторов, подвески проводов и тросов.

Приемо-сдаточные испытания производятся в следующем объеме:

1. Проверка расстояний и разрегулировки проводов и тросов. Фактическая стрела провеса не должна отличаться от проектной более чем на  $\pm 5\%$ . Расстояния от проводов ВЛ до земли и различных пересекаемых объектов не должны быть меньше установленной ПУЭ величины. Расстояния от проводов ВЛ до деталей металлических, железобетонных и деревянных опор могут отличаться от установленных ПУЭ не более чем на минус 10%.

2. Проверка правильности установки фундаментов раздельного типа и опор (табл. 36-4).

3. Контроль изоляторов (§ 36-14, Г).

4. Контроль соединений проводов (§ 36-4, Г). Соединения при приемке бракуются, если: геометрические размеры не соответствуют инструкции, имеются трещины на поверхности соединителя или зажима, падение напряжения в соединении превышает падение напряжения в проводе той

Таблица 36-4

### Допуски на установку опор воздушных линий

Наименование допуска	Предельная величина
1. Отклонение опоры от вертикальной оси вдоль и поперек линии: для металлических опор для железобетонных одностоечных опор для деревянных опор для железобетонных опор порталного типа на оттяжках (верхний конец тросостойки)	1 : 200 1 : 150 1 : 100 100 м
2. Отклонение оси траверсы от горизонтали: для металлических опор порталного типа на оттяжках при длине траверсы: до 15 м более 15 м для одностоечных железобетонных опор для деревянных опор	1 : 150 длины траверсы 1 : 250 длины траверсы 1 : 100 длины траверсы 1 : 50 длины траверсы 80 мм
3. Отклонение от горизонтали конца траверсы железобетонных опор порталного типа на оттяжках	5°
4. Разворот траверсы относительно оси линии с деревянными опорами	
5. Прогиб траверсы металлических и железобетонных опор	1 : 300 длины траверсы

Примечание. Остальные размеры — в соответствии с ПУЭ 1-8-38 [Л. 36-3].

же длины на 20% и более, имеется пережог провода при сварном соединении или усачная раковина.

5. Измерение сопротивления заземления опор и тросов в периоды наименьшей проводимости грунта (§ 36-14, И; 36-12, К).

6. Проверка тяжения в тросовых оттяжках, которое не должно отличаться от проектной величины более чем на 20%.

#### В. Эксплуатационные осмотры

Систематический надзор за состоянием ВЛ, находящихся в эксплуатации, производится путем осмотров с земли при обходах, а также верховых осмотров отключенных линий.

Периодические осмотры с земли в дневное время ВЛ 35—220 кВ производятся не реже 1 раза в 3 мес., а ВЛ до 20 кВ — не реже 1 раза в месяц по графику, утвержденному лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия. Участки ВЛ, проходящие в населенных пунктах, промышленных районах, местах сильного загрязнения и интенсивного строительства, осматриваются не реже 1 раза в месяц при напряжении до 220 кВ.

Внеочередные осмотры ВЛ должны производиться при появлении гололеда, после тумана (особенно на участках, подверженных сильному загрязнению), во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах и других, отличных от нормального режима работы условиях, а также после автоматического отключения линии, в том числе и при ее успешном повторном включении.

Ночные и внеочередные осмотры могут быть назначены лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия.

Мастерами по линиям осмотр ВЛ производится по графику 1 раз в год, а также после окончания капитального ремонта линии. Инженерно-технические работники отдела главного энергетика производят выборочный осмотр ВЛ.

При осмотре ВЛ необходимо обратить внимание на:

1) наличие обрывов и оплавлений отдельных проволок или набросов на проводах и тросах;

2) наличие боя, ожогов и трещин изоляторов;

3) состояние опор, наличие наклонов, обгорание, расщепление деталей, целостность бандажей и заземляющих спусков на деревянных опорах;

4) искрение или разрегулировку проводов;

5) состояние разрядников, коммутационной аппаратуры на ВЛ и кабельных муфт на спусках;

6) наличие и состояние предостерегающих плакатов и других постоянных знаков на опорах;

7) наличие болтов и гаек, целостность отдельных элементов, сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах;

8) состояние стоек железобетонных опор и приставок;

9) чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию, наличие посторонних предметов, строений и т. п.;

10) производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Выявленные дефекты отмечаются в листке обхода. По обнаруженным дефектам аварийного характера должны быть приняты срочные меры к их устранению.

Верховой осмотр ВЛ без ее отключения должен производиться не реже 1 раза в 3 года.

Выборочная проверка состояния провода и троса в зажимах с отключением или без отключения линии (с изолирующих устройств) на линиях с пролетами более 120 м, не оборудованных защитой от вибрации, на участках, проходящих по открытой местности, должна производиться не реже 1 раза в 3 года, а на остальных линиях — не реже 1 раза в 6 лет, начиная с пятого года эксплуатации. При проверках со снятием напряжения для ВЛ 35—220 кВ производится детальная проверка подвесной и оттяжной арматуры.

При верховых осмотрах выявляются следующие дефекты:

1) повреждение жил, ослабление креплений проводов и тросов, дефекты зажимов, нарушение регулировки, коррозии проводов и тросов;

2) несправность крепления заземляющих спусков;

3) загрязнение изоляторов, наличие трещин, оплавлений, нарушение армировки;

4) загнивание верхних частей деревянных опор, ржавление металлических опор, ослабление болтовых и заклепочных соединений, наличие ожогов древесины токами утечки.

С верховыми осмотрами совмещается производство ремонтных работ для устранения выявленных дефектов: установка бандажей на проводе с оборванными жилами, смена изоляторов и дефектной арматуры, подтяжка болтовых соединений, чистка изоляторов.

Обнаруженные дефекты записываются в журнал осмотров и ремонтов.

#### Г. Проверка и испытания

После капитального ремонта ВЛ подвергается следующим испытаниям:

1) проверка правильности установки фундаментов (должно соответствовать требованиям ПУЭ);

2) контроль изоляторов (см. § 36-16, Г);

3) контроль соединений проводов;

4) проверка правильности установки опор как и для прямо-сдаточных испытаний (§ 36-4, Б);

5) проверка тяжения в оттяжках опоры (допустимо отличие от проектной величины не более чем на 10%).

В программу профилактических испытаний, не связанных с выводом в ремонт,



входят все перечисленные пункты (кроме проверки правильности установки фундаментов), а также:

- 6) проверка габаритов и разрегулировки проводов и тросов (см. § 36-4, Б);
- 7) измерение сопротивления заземления опор и тросов (§ 36-16, И);
- 8) внешний осмотр;

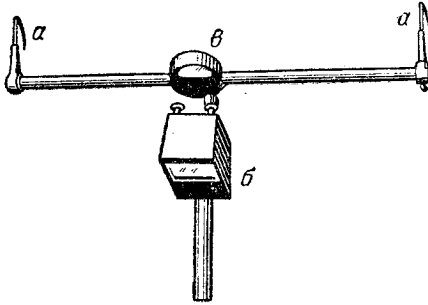


Рис. 36-8. Измерительная штанга с ножевыми контактами для испытания соединителей.

а — ножевые контакты; б — милливольтметр; в — выпрямитель.

9) определение степени загнивания деревянных опор.

Испытания по п. 3 производятся не реже 1 раза в год по п. 7 в период наименьшей проводимости грунта. Остальные испытания — по местным инструкциям и по мере надобности.

Качество контакта при соединении проводов контролируется с помощью специальной штанги (рис. 36-8). Измеряется падение напряжения при рабочем токе в соединителе ( $U_c$ ) и на участке провода, равном по длине соединителю ( $U_{пр}$ ). При отношении  $U_c : U_{пр} > 1,2$  соединитель подлежит плановой замене (в очередной ремонт). При  $U_c : U_{пр} > 2$  соединитель считается аварийным и подлежит немедленной замене.

Соединение бракуется также при геометрических размерах, не соответствующих данному типу зажима, при наличии трещин, следов коррозии и механических повреждений, если кривизна опрессованного соединения составляет 3% его длины или если стальной сердечник расположен несимметрично (см. также §§ 36-16, Е; 36-15, Г).

При внешнем осмотре ВЛ проверяются следующие показатели:

а) ослабление сечений расчетных элементов металлических опор коррозией не должно превышать 20% площади поперечного сечения;

б) в железобетонных опорах не должно быть более 6 трещин шириной до 0,2 мм на 1 м длины створа опоры (количество волосяных трещин не нормируется), за исключением опор с напряженной и частично ненапряженной арматурой, в которых не допускается появления трещин при эксплуатационных нагрузках;

в) резьба болтов в местах сочленения деталей деревянных опор должна выступать над гайкой на 40—100 мм;

г) врубка, затесы и отколы деталей деревянных опор допускаются на глубину не более 10% диаметра детали в данном сечении, а отличие от проектных значений — на  $\pm 4$  мм.

Проверка древесины на загнивание производится путем внешнего осмотра и простукивания по всей длине детали. Внешний осмотр производится ежегодно выборочно.

Не реже 1 раза в 3 года производится измерение глубины загнивания древесины в опасных сечениях и местах наибольшего загнивания. Наименьший допустимый в эксплуатации диаметр здоровой части древесины  $D_0$  в расчетном опасном сечении определяется по формуле

$$D_0 = D_{расч} \sqrt[3]{\frac{K_0}{K_{расч}}} = CD_{расч},$$

где  $D_{расч}$  — расчетный диаметр детали

Таблица 36-5

Значения допустимого эксплуатационного коэффициента запаса прочности  $K_0$  и коэффициента износа  $C$  деталей деревянных опор

Наименование опор	Сосна, дуб, лиственница			Ель (линии 35 кВ и ниже)		
	$K_0$	$C$ для режима		$K_0$	$C$ для режима	
		нормального	аварийного		нормального	аварийного
Одностоечные опоры:						
стойки . . . . .	1,4	0,75	0,9	2,0	0,85	1,0
пасынки . . . . .	1,4	0,75	0,9	Применение не допускается		
П и А-образные опоры:						
стойки . . . . .	1,2	0,7	0,85	1,4	0,75	0,9
пасынки . . . . .	1,2	0,7	0,85	Применение не допускается		
Раскосы, подтраверсы, брусья	1,0	0,65	0,8	1,3	0,72	0,85
Траверсы всех типов . . . . .	1,4	0,75	0,9	Применение не допускается		
Прочие детали . . . . .	1,0	0,65	0,8	1,2	0,7	0,85

опоры в опасном сечении, см;  $K_0$  — допустимый эксплуатационный запас прочности древесины (табл. 36-5);  $K_{расч}$  — расчетный запас прочности древесины, принимается по ПУЭ исходя из величины временного сопротивления древесины равным  $420 \text{ кгс/см}^2$ ;  $C$  — коэффициент износа (табл. 36-5).

Для всех деталей промежуточных опор (кроме траверс) на участках трассы линии, проходящих по лесным просекам и ущельям, запас прочности снижается до  $K_0=1,0$ ;  $C=0,65$ .

Верховые осмотры, профилактические испытания и проверки ВЛ должны производиться одновременно.

#### Д. Ремонт воздушных линий

Все сведения о дефектах ВЛ, обнаруженных при верховых осмотрах и профилактических испытаниях, заносится в журнал дефектов. На основании этих записей составляются планы ремонтных работ. Сроки ремонтов и график чистки изоляторов на участках, подверженных усиленному загрязнению, утверждаются главным энергетиком предприятия.

Основные ремонтные работы на ВЛ выполняются в следующие сроки:

- 1) расчистка трассы — систематически;
  - 2) вырубка молодой поросли и удаление с трассы валежника — при высоте зарослей 4 м — немедленно;
  - 3) подтяжка и смена бандажей — по мере надобности;
  - 4) выправка опор — при отклонениях, превышающих допуски табл. 36-4.
  - 5) чистка изоляторов — в зависимости от интенсивности и характера загрязнений;
  - 6) накладка бандажа или установка ремонтной муфты на проводе, если оборваны жилы общим сечением до 17% сечения провода или троса; при большем количестве оборванных жил разрезают провод и устанавливают соединительный зажим;
  - 7) регулировка проводов — при нарушении габаритов;
  - 8) снятие набросов с линии — в кратчайший срок;
  - 9) удаление гололедных образований — немедленно при их возникновении;
  - 10) проверка состояния подземных металлических частей опор — 1 раз в 5 лет;
  - 11) окраска металлических опор — 1 раз в 5—10 лет;
  - 12) ремонт заземлений и заземляющих спусков — при нарушении креплений или соединений;
  - 13) пропитка древесины опор — при нарушении слоя антисептика;
  - 14) затяжка болтовых соединений деревянных деталей, штырей и подвесок изоляторов — при верховых осмотрах и в случае возгорания древесины опор;
  - 15) установка и снятие разрядников — весной перед грозным сезоном и осенью после грозного сезона;
  - 16) восстановление знаков и предупредительных плакатов — систематически.
- Гололед может удаляться с провода

механической очисткой (обиванием шеста-ми, швырками, срезанием деревянной рогаткой или ледорезом) или плавлением электрическим током. Величина тока для плавления гололеда зависит от материала и сечения провода, а также от требуемой быстроты плавления. Может быть использован метод короткого замыкания: линия отключается от источника тока, закорачивается на противоположном конце, подается пониженное напряжение, обеспечивающее необходимое для плавления значение тока.

Для предупреждения возгорания деревянных опор необходимо обеспечить хороший контакт скрепляемых деталей (подтеска древесины, плотное прилегание деталей, затяжка болтовых соединений) и чистоту изоляторов (что уменьшает токи утечки). Если этих мероприятий недостаточно, на места, опасные по возгоранию, накладываются шунтирующие бандажи из медной проволоки диаметром не менее 2 мм, закрепляемой гвоздями. Проволока должна огибать головку каждого болта полным оборотом. Бандажи покрываются битумом.

Если деревянные опоры ВЛ выполнены из непропитанной древесины, следует производить пропитку деталей опор диффузионным методом. При местной пропитке детали покрываются антисептической пастой и сверху либо обертываются рубероидом (бандаж), либо образуются смесь битума с песком (суперобмазка). Антисептической пастой покрываются:

Таблица 36-6

#### Составы антисептических паст для пропитки древесины диффузионным методом

Наименование пасты	Состав пасты	Весовое соотношение составных частей
Паста на зеленом масле	Триолит, уралит или фтористый натрий битум	49
	Зеленое масло Вода	17 24 10
Паста на по- лихлоридах бензола	Динитрофенол Битум	40 16
	Зеленое масло Вода	29 15
Паста на по- лихлоридах бензола	Триолит, уралит или фтористый натрий Битум	56
	Полихлориды бензола	18 26
Паста на куз- басслаке	Фтористый натрий Кузбасслак	40 50
	Вода	10
Паста на куз- басслаке	Динитрофенол Кузбасслак	50 40
	Вода	10
Паста на бла- кляке	Динитрофенол Блакляк	50
		50

Таблица 36-7

## Составы паст для антисептических бандажей

Состав пасты	Весовое соотношение составных частей
Антисептик (триолит, уралит или фтористый натрий)	4
Экстракт сульфитных щелочков	2
Вода	1

а) подземные части опор до уровня на 50 см выше поверхности земли;

б) торцевые части и верхняя поверхность горизонтально или наклонно расположенных частей опор;

в) сопряжения между деталями опор;

г) трещины деталей.

Антисептические бандажки на пасынках ставятся на 10—30 см выше уровня грунтовых вод. Ширина бандажки 50 см. Расстояние между бандажами 30 см. Количество бандажей 1—3 в зависимости от уровня грунтовых вод.

Составы антисептических паст приведены в табл. 36-6 и 36-7.

Ремонтные работы по смене древесины на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения производятся в основном без снятия напряжения в соответствии с требованиями [Л. 36-7, 36-8], а также [Л. 36-1, 36-2].

Установка разрядников на воздушных линиях производится с соблюдением требований § 36-12, И и 36-15, Г.

## Е. Определение мест повреждения и состояния линий

Для проверки состояния протяженных ВЛ после ремонтных работ или автоматического отключения и для определения места повреждения (заземления, обрыва, замыкания) применяется импульсный метод (например, прибор ИИЛ — импульсный измеритель линий, ИКЛ — измеритель кабельных и воздушных линий).

Сущность метода измерения заключается в посылке в исследуемую линию импульса электрического тока и в получении обратного импульса из линии, отраженного от неоднородного волнового сопротивления ВЛ.

Волновое сопротивление линии равняется

$$\omega = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

где  $L$  и  $C$  — распределенные параметры (индуктивность и емкость) линии.

В точках, где происходит изменение параметров линии (в местах транспозиции проводов, подвески тросов, обрыва или короткого замыкания проводов), происходит отражение посланного в линию импульса с изменением его амплитуды, а в общем случае и полярности.

Амплитуда и полярность отраженного импульса без учета затухания определяются выражением

$$U_{отр} = U_{посл} \frac{r - \omega}{r + \omega},$$

где  $r$  — эквивалентное сопротивление места отражения, Ом;  $\omega$  — волновое сопротивление линии, Ом.

При  $r > \omega$  (в частности, при обрыве провода), отраженный импульс имеет ту же полярность, что и посланный. При  $r < \omega$  (при замыкании) полярность отраженного импульса меняется.

Посланный в линию и отраженный от линии импульс имеет сдвиг по времени. Измерив время сдвига ( $t$ , мкс) и зная скорость распространения электромагнитной энергии по данной линии ( $v$ , км/с), можно определить расстояние от начала линии до места отражения импульса

$$l = \frac{vt}{2}, \text{ км.}$$

Скорость распространения импульса может быть измерена для данной линии заранее или принята:

а) для воздушных линий со сталеалюминевыми проводами 290 000 км/с, с медными проводами — 295 000 км/с;

б) для линий связи с биметаллическими проводами — 286 000 км/с, со стальными проводами — 230 000 км/с;

в) для кабелей напряжением 3—110 кВ — 160 000 ± 1 000 км/с.

Для измерения времени пробега импульса применяется электронный осциллограф. Импульс тока, поданный в линию, создает на экране осциллографа в начале развертки выброс вверх или вниз в зависимости от полярности посылаемого импульса. Отраженный от линии импульс будет виден на линии развертки в виде выброса вверх или вниз в зависимости от характера неоднородностей (рис. 36-9).

Расстояние на развертке линии между точками посланного и отраженного импульсов пропорционально времени пробега импульса и расстоянию от начала линии до места отражения.

Для удобства измерения на экран подаются отметки масштаба времени (через 2 мкс короткие черточки, через 10 мкс — длинные) или расстояний для данной линии (через 10 км короткие черточки, через 50 км — длинные, как показано на рис. 36-9). Во втором случае искомое расстояние от начала линии до места повреждения отсчитывается непосредственно по трубке осциллографа.

При обрыве линии полярности посланного и отраженного импульсов совпадают, при коротком замыкании — противоположны (рис. 36-9).

Для исследования линии прибор присоединяется к отключенной от напряжения испытываемой линии по схеме рис. 36-10. При-

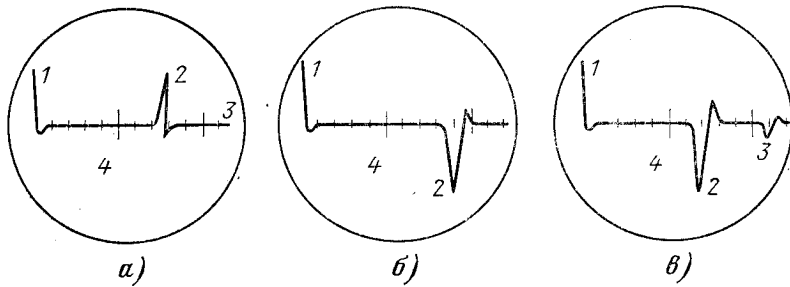


Рис. 36-9. Изображение развертки линии на экране импульсного измерителя линий при различных видах повреждения.

*а* — обрыв провода линии на расстоянии 73 км без заземления; *б* — обрыв провода линии на расстоянии 85 км с заземлением одного оборванного со стороны измерения; *в* — заземление провода линии (наброс) или обрыв провода с заземлением обоих концов на расстоянии 62 км; 1 — начальный импульс; 2 — отраженный импульс от места повреждения; 3 — отраженный импульс от конца линии (106 км), заземленного при испытании (на рисунках *а* и *б* виден не будет); 4 — масштабные отметки через 10 км (короткие черточки) и через 50 км (длинные черточки).

соединение может производиться и к линии, находящейся под напряжением, через высоковольтный конденсатор. При этом точность и наглядность измерения снижаются.

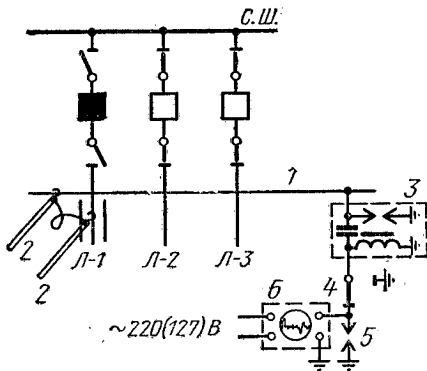


Рис. 36-10. Принципиальная схема присоединения импульсного измерителя линий (ИИЛ) к исследуемой воздушной линии на подстанции.

1 — вспомогательная проводка; 2 — штанги; 3 — защитный фильтр с разрядником, конденсатором и дросселем в распределительном устройстве; 4 — переключатель; 5 — разрядник низковольтный; 6 — ИИЛ на щите управления.

#### Порядок испытания линии:

1. Линия отключается от напряжения и заземляется.
2. Прибор и защитный фильтр заземляются и соединяются между собой.
3. Одна из фаз линии присоединяется к обкладке конденсатора защитного фильтра.
4. Снимается заземление с исследуемой фазы линии и прибор включается на питание от сети 110—220 В.
5. На экране осциллографа снимается изображение линии и производится отсчет.

Затем измерение производится для других фаз.

После снятия заземления запрещается прикасаться к защитному фильтру и проводке, соединяющей фильтр с прибором и с линией.

В некоторых случаях неисправность в другой фазе обнаруживается, если прибор присоединен к здоровой фазе, так как между линиями имеется достаточная электромагнитная связь.

Для различия неоднородностей, возникающих на линии вследствие неисправности, от существующих постоянно (транспозиции, пересечения, переходы участков с тросами на участки без тросов и т. п.) предварительно производится зарисовка изображения развертки при просмотре прибором неповрежденной линии.

## 36-5. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

### А. Отбраковка силовых кабелей

Перед монтажом силовые кабели отбраковываются по механическим и технологическим дефектам. В настоящем параграфе рассматриваются основные дефекты, допуски и способы устранения дефектов.

1. На стальной оболочке имеются глубокие вмятины или пробойны. Дефектный участок вырезается.

2. При наличии трех — пяти совпадений и просветов на 10 м кабеля в намотке стальных лент кабель к прокладке в земле непригоден. Как правило, кабель может быть использован для горизонтальной прокладки в туннелях и каналах на напряжении ступенью ниже.

3. Бумажная оплетка по свинцу отсутствует или имеет просветы по всей длине. Кабель непригоден к прокладке в земле и в каналах, содержащих вещества, разруша-

ющие свинец. Используется для прокладки в сухих помещениях, туннелях и т. д.

4. Свинцовая оболочка (вырезанное кольцо) считается достаточно эластичной, если при наколачивании на конус она растягивается до полуторакратной величины своего диаметра.

5. На свинцовой оболочке допускаются вмятины и царапины глубиной до 0,2—0,3 мм. Царапины запаиваются. При больших вмятинах дефектные части вырезаются или кабель используется на напряжении ступенью ниже.

6. Наличие на свинцовой оболочке трещин, сквозных отверстий и пр., приведших к проникновению влаги в изоляцию. В кабелях до 1 кВ дефектное место пропаивается. В кабелях до 10 кВ дефектное место вырезается до полного исчезновения влаги испытанием на влажность (обычно по 1—1,5 м в обе стороны), после чего кабель может быть использован на своем номинальном напряжении.

7. Толщина поясной и фазовой изоляции кабеля менее требуемой величины. Кабель используется на более низком напряжении.

8. Допускается не более трех совпадений зазоров на двух рядом лежащих лентах. В противном случае кабель используется на более низком напряжении.

9. Допускаются трещины на одной бумажной ленте длиной не более 50 мм.

10. Хрупкость бумаги (у отдельных лент число двойных перегибов менее 300). Кабель может быть использован на низшем напряжении.

11. Наличие следов кристаллизации пропиточного состава. К прокладке на высоком напряжении непригоден.

12. Поясная и жильная изоляция имеют следы влаги. Дефектный участок вырезается до полного исчезновения влаги, после чего кабель испытывается.

13. Изоляция имеет вмятины и неплотный навив (при нажатии пальцем руки изоляция вдавливается). Используется на напряжении ступенью ниже.

14. Электрические характеристики ниже требуемых величин. Кабель используется на низшем напряжении.

15. Выпучивание отдельных проволок токоведущих жил, наличие выступающих острых краев и заусенцев на токоведущих жилах. Кабель используется на низшем напряжении.

Для проведения лабораторных исследований и испытаний от каждого барабана кабеля отрезается конец длиной 1 м.

После отбраковки по приведенным признакам кабель подвергается электрическим испытаниям (§ 36-5, Д).

## Б. Прокладка кабелей

На территориях промышленных предприятий кабельные линии могут прокладываться в земле (в траншеях), туннелях или блоках, а также в каналах со съемными крышками или плитами.

На территориях электростанций кабельные линии могут прокладываться в туннелях, каналах и блоках. Прокладка в траншеях допускается для одиночных (1—2) кабельных линий к удаленным вспомогательным объектам, а также на территориях электростанций с установленной (машинной) мощностью до 25 МВт.

На территориях подстанций и распределительных устройств кабельные линии могут прокладываться в каналах, трубах, траншеях и в надземных лотках.

Прокладка кабелей в траншеях является наиболее экономичной по капитальным затратам и расходу цветного металла. В одной траншее следует прокладывать не более шести кабелей, а в районах вечной мерзлоты — не более четырех с запасом по длине («змейкой»), а также у муфт и вводов. Расстояние между силовыми кабелями принимается в соответствии с ПУЭ (в траншеях 100—300 мм, см. ниже). Как правило, в траншеях прокладываются кабельные линии в городах и поселках по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам (газоны с кустарником).

Прокладка кабелей в туннелях осуществляется при большом количестве кабелей (более 20), идущих в одном направлении, и невозможности прокладки их в траншеях. При числе кабелей более 100 силовые и контрольные кабели следует прокладывать в отдельных туннелях и каналах. По улицам и площадям городов и поселков, насыщенным подземными коммуникациями, кабельные линии прокладываются в туннелях и коллекторах.

Прокладка кабелей в блоках как наименее экономичная допускается в местах пересечения с железнодорожными путями и проездами, в условиях чрезвычайной стесненности по трассе, при вероятности разлива металла и т. п.

Внутри зданий кабельные линии могут прокладываться непосредственно по конструкциям здания (открыто, в коробах или трубах), в каналах, блоках, туннелях, трубах (проложенных в полах, стенах и перекрытиях), а также в фундаментах машин.

Маслонаполненные кабели могут прокладываться в туннелях или траншеях при любом количестве кабелей.

При прокладке однофазных кабелей следует производить транспозицию.

Для предотвращения коррозии металлических оболочек не допускается прокладка кабеля:

- 1) непосредственно в почве, содержащей гниющие органические вещества, шлак, золу, известь и т. п.;
- 2) открыто в каналах зольных помещений и химических цехов (прокладывается в блоках или в закрытых туннелях);
- 3) кабелей марок СГ в деревянных желобах или цементных трубах, пропитанных креозотом, газовой смолой и другими веществами, корродирующими свинец;
- 4) голого оцинкованного (или алюми-

Таблица 36-8

**Допустимые разности высоты установки концевых заделок при прокладке кабеля по вертикальным и крутонаклонным трассам**

Наименование кабеля	Напряжение кабеля, кВ	Разность высоты, м
<i>Кабели в свинцовой оболочке:</i>		
бронированные с бумажной изоляцией силовые и контрольные то же небронированные	До 1	25
бронированные с бумажной изоляцией	До 1	20
бронированные и небронированные с бумажной изоляцией	6—10	15
бронированные стальной проволокой с бумажной обедненно-пропитанной изоляцией	20—35	5
то же, бронированные стальной лентой	До 1	100
бронированные стальной проволокой с бумажной обедненно-пропитанной изоляцией марки ОСБ	До 1	50
то же, бронированные стальной лентой	6—10	100
бронированные и голые с резиновой изоляцией при условии промежуточных креплений	6—10	50
	До 1	Не ограничивается
<i>Кабели в полихлорвиниловой оболочке:</i>		
бронированные с бумажной изоляцией со слонстыми и полихлорвиниловыми оболочками	До 6	50
бронированные и голые, но с резиновой изоляцией, при условии промежуточных креплений	Не ограничивается	Не ограничивается
<i>Кабели с алюминиевой оболочкой:</i>		
бронированные и голые с бумажной изоляцией	—	25
с бумажной обедненно-пропитанной изоляцией, бронированные стальными лентами при условии промежуточных креплений	—	75
то же, бронированные стальными проволоками	—	100

ниowego) кабеля по стенам, окруженным известковым раствором, в сырых помещениях и снаружи по бетонным и оштукатуренным цементным раствором стенам.

Прокладка кабелей параллельно шинам, по которым протекают большие переменные токи, допускается не ближе 1 м.

При прокладке на участке, подверженном постоянной вибрации, должны применяться специальные кабели. Обычные кабели укладываются без натяжки на эластичных креплениях.

При наличии на предприятии электровазов, питающихся от сети постоянного тока, необходимо все стыки железнодорожных рельсов сваривать или приваривать в стыках медные перемычки, присоединять к рельсам в установленных расчетом точках требуемое число отсасывающих кабелей, устраивать электрический дренаж (после испытаний).

Защита кабельных линий от блуждающих токов и почвенной коррозии должна удовлетворять требованиям ПУЭ и требованиям действующих «Правил защиты подземных металлических сооружений от коррозии» Госстроя СССР.

Радиусы внутренней кривой изгиба кабелей должны быть по отношению к их наружному диаметру кратности не менее, мм:

25 — для силовых одножильных с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, бронированных и небронированных, а также маслонаполненных кабелей низкого и среднего давления;

15 — для силовых многожильных с бумажной пропитанной изоляцией в алюминиевой и свинцовой оболочке, бронированных и небронированных, а также контроль-

ных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой оболочке, бронированных и небронированных;

10 — для силовых и контрольных кабелей с резиновой изоляцией в свинцовой или полихлорвиниловой оболочке, бронированных и 6 — для небронированных.

Допустимый радиус изгиба стального трубопровода кабельной маслонаполненной линии высокого давления принимается по проекту, но не менее 8 м.

Радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей при выполнении кабельных разделок должны быть по отношению к диаметру жил кратности не менее 10 мм — для жил кабелей с бумажной изоляцией и 3 мм — с резиновой изоляцией.

Кабели укладываются с запасом по длине 1—3% («змейкой»). Укладывать запас кабелей в виде колец (витков) запрещается.

Допустимые разности высот при прокладке кабеля по вертикальным и крутонаклонным (угол наклона к горизонтالي более 45%) трассам принимаются в соответствии с табл. 36-8. Кабели силовые и контрольные для прокладки с большей разностью уровней изготавливаются по специальным условиям.

Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них имеет тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д.

Трасса проложенных в земле кабелей наносится на план площадки с указанием глубины заложения от чистой отметки поверхности площадки и расстояний от постоянных сооружений до оси каждого кабеля. Вдоль трассы предусматриваются

опознавательные знаки через каждые 100 м на прямых участках, а также на всех поворотах, пересечениях, при вводах в здания, в местах установки соединительных муфт.

На кабели, проложенные в туннелях и по стенам в помещениях, также составляются чертежи, в которых указываются назначение и номер каждого расположенного на полке или на опорной конструкции кабеля. Через каждые 20 м на прямых участках на кабель прикрепляются бирки, стойкие в отношении окружающей среды (свинцовые или пластмассовые). Кроме того, бирки прикрепляются в местах прохода через междустажные перекрытия, стены (с обеих сторон), в местах входа в туннель или канал и выхода из них.

На бирках путем штамповки наносятся: номер кабеля, назначение, напряжение, сечение и присвоенная данному кабелю маркировка.

Помимо изложенных общих требований каждый способ прокладки имеет специфические особенности.

Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях (туннелях, каналах и др.). Кабельные сооружения должны иметь резерв, допускающий прокладку дополнительных кабелей в размере 10%.

В кабельные сооружения не должны попадать технологические и грунтовые воды. Полы должны иметь уклон не менее 0,1% в сторону водосборников. В кабельных каналах, расположенных выше уровня грунтовых вод, допускается земляное дно

с дренирующей подсыпкой толщиной 10—15 см.

Кабельные сооружения должны быть снабжены средствами пожаротушения и противопожарной сигнализации.

Кабельные сооружения вне зданий засыпаются землей.

Наименьшие размеры кабельных сооружений и между их элементами должны соответствовать требованиям табл. 36-9.

Кабельные сооружения (за исключением каналов) должны иметь освещение и вентиляцию.

Кабели напряжением до 1000 В, выше 1000 В и контрольные должны прокладываться на разных полках. Силовые кабели располагаются над контрольными. Между группами кабелей напряжением выше 1000 В, проложенными на одной полке, устраиваются дугостойкие перегородки.

Установка муфт в каналах и туннелях не рекомендуется. Допускается использование свинцовых муфт без чугунных покрышек с применением специальных огнестойких кожухов.

При прокладке по конструкциям голого свинцового кабеля под кабель подкладываются изолирующие эластичные пластины.

Прокладка кабелей в блоках, трубах и лотках. Допускается применение стальных, чугунных, асбоцементных, керамических труб и т. д. Применение асбоцементных труб, а также соприкосновение между бетоном и свинцовой оболочкой кабеля допускается при расположении блоков на 1 м выше уровня грунтовых вод.

Таблица 36-9

## Наименьшие размеры при прокладке кабелей в кабельных сооружениях [Л. 36-1, 36-3]

Наименование размера	Размеры, мм	
	в коллекторах, туннелях, кабельных помещениях	в кабельных каналах
Высота (в свету)	1 800	Не нормируется
Горизонтальное расстояние в свету между конструкциями при двустороннем их расположении (ширина прохода)	1 000	300
То же при одностороннем расположении (от конструкции до стены)	900	300
Вертикальное расстояние в свету между горизонтальными конструкциями для силовых кабелей числом 2—4:		
при напряжении до 10 кВ	200	150
при напряжении 20—35 кВ	250	200
при числе кабелей более 4		Не менее 0,6 длины консоли конструкции
для кабелей 110 кВ и выше	Не менее 300	250
для контрольных кабелей и кабелей связи	100	100
Расстояние между опорными конструкциями по длине сооружения	800—1 000	800—1 000
Вертикальное и горизонтальное расстояния в свету между одиночными кабелями:		
при напряжении до 10 кВ	3, 5, но не менее диаметра кабеля	Не менее диаметра кабеля
при напряжении 20—35 кВ	Не менее диаметра кабеля	Не менее диаметра кабеля
Горизонтальное расстояние между контрольными кабелями и кабелями связи	Не нормируется	
Горизонтальное расстояние в свету между кабелями 110 кВ и выше	100	Не менее диаметра кабеля

Кабельные блоки (и трубы для кабелей) должны иметь уклон не менее 0,1% в сторону колодца.

Расстояние от планировочной отметки площадки до верхней поверхности блока должно быть не менее 0,7 м.

В местах изменения способа прокладки трассы, а на прямолинейных участках на расстоянии, равном строительной длине кабеля, сооружаются колодцы.

Диаметры отверстий блоков и труб должны быть не менее полуторакратного наружного диаметра кабеля и не менее 100 мм.

В блоках прокладываются кабели с усиленной свинцовой оболочкой.

Основные расстояния при прокладке кабелей в блоках соответствуют аналогичным расстояниям при прокладке в траншеях.

Прокладка кабельных линий в траншеях. Глубина траншеи должна составлять 0,7 м от проектной планировочной отметки. При вводе кабеля в здание на расстоянии 5 м от здания, а также в местах пересечения с подземными сооружениями допускается меньшее заглубление с защитой от механических повреждений.

При прокладке кабельных линий вдоль зданий расстояние в свету от кабеля до края фундамента должно быть не менее 0,6 м.

Расстояние между кабелями в одной траншее должно быть не менее:

100 мм — между силовыми кабелями до 10 кВ и от них до контрольных кабелей;

250 мм — между кабелями 10—35 кВ и от них до других кабелей;

500 мм — между кабелями 110—220 кВ.

Расстояние в свету от кабеля, проложенного в траншее, до параллельно идущего теплопровода, нефтепровода или железнодорожного пути, а также до стволов деревьев должно быть, как правило, не менее 2 м.

Не допускается прокладка кабеля в земле над или под теплопроводом (за исключением пересечений).

При пересечениях силового кабеля с другими кабелями, дорогами и т. д. расстояние в свету должно быть не менее:

1 м — от поверхности дороги (пересечение с железными дорогами и автомагистралями осуществляется в трубах или блоках, причем трубы по обе стороны кюветов выпускаются на 1 м);

0,5 м — от дна придорожных кюветов, от пересекаемых кабелей, от теплопровода, нефтепровода, водопровода и т. п.;

0,25 м — от пересекаемых кабелей при заключении в огнестойкие трубы на длине пересечения плюс по 1 м в обе стороны.

При пересечениях кабели высшего напряжения располагаются сверху, а низшего — снизу.

На участках, где возможны механические повреждения кабеля, последние защищаются перекрытиями из кирпича или заменяющего его материала. Кабель высоко-

го напряжения в местах возможных механических повреждений прокладывается в трубах.

Расстояние между муфтами различных кабелей в одной траншее вдоль трассы должно быть не менее 2 м.

Прокладка кабельных линий в производственных помещениях. Расстояния в свету между кабелями должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 36-9.

Кабели должны быть доступны для ремонта, а открыто проложенные — для осмотра.

Проход кабелей через перекрытия и внутренние стены производится в трубах или проемах.

Прокладка кабелей при низких температурах. Кабели напряжением до 10 кВ при температуре окружающей среды ниже 0 °С и кабели 20—35 кВ при температуре ниже 5 °С прокладываются и изгибаются в подогретом состоянии. Наиболее эффективный и равномерный подогрев достигается при нагревании электрическим током с помощью специального нагрузочного трансформатора. Время такого подогрева 2—3 ч. Ток и время, необходимые для подогрева на барабане трехфазных кабелей до 10 кВ, приведены в табл. 36-10.

Таблица 36-10

**Параметры для подогрева кабеля электрическим током**

Сечение жил кабеля, мм <sup>2</sup>	Наибольший допустимый ток, А	Необходимое напряжение питания кабеля для длины 300 м, В	Примерное время для подогрева, мин, при температуре, °С		
			0	-10	-20
3×10	76	69	60	75	95
3×16	102	58	60	75	95
3×25	130	48	70	90	105
3×35	160	42	75	95	110
3×50	190	34	90	110	135
3×70	230	30	100	120	150
3×95	285	27	100	125	150
3×120	330	25	110	140	170
3×150	375	23	125	150	185
3×185	425	17	135	165	210
3×240	490	16	150	190	235

Величина тока при подогреве измеряется токоизмерительными клещами. Температура наружной брони не должна превышать 25 °С для кабелей 20—35 кВ, 35 °С для 6—10 кВ и 40 °С для кабелей на напряжение менее 6 кВ.

Естественный подогрев в помещении требует 1—3 суток. Подогрев воздухоудкой в тепляке длится 18—24 ч.

Подогретый кабель должен быть уложен в течение 40—45 мин с соблюдением всех правил, указанных выше. Целесообразно применение специальных кабелеукладочных машин на базе автомашины ЗИЛ-130.



## В. Монтаж кабельных муфт

Для соединения кабелей 3—20 кВ в свинцовой или алюминиевой оболочке применяются свинцовые (рис. 36-11, табл. 36-11), латунные или медные соединительные муфты; для линий 35 кВ — латунные или медные муфты.

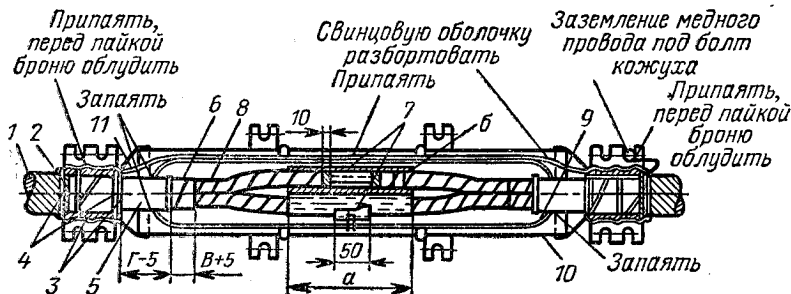


Рис. 36-11. Разрез смонтированной свинцовой соединительной муфты.

1 — наружная оплетка из пражы; 2 — стальная броня; 3 — подмотка кабельной ленты; 4 — проволоочный бандаж; 5 — свинцовая оболочка; 6 — поясная изоляция; 7 — бандаж толщиной 3 мм из кабельной бумаги; 8 — изоляция жилы; 9 — свинцовая труба; 10 — защитный кожух; 11 — заземляющий проводник;  $G$ ,  $B$ ,  $a$ ,  $b$  — размеры по табл. 36-11.

Кабели напряжением до 1000 В в свинцовой или алюминиевой оболочке при прокладке в земле могут соединяться в чугунных муфтах, при открытой прокладке — только в свинцовых муфтах.

В кабельных линиях низкого и среднего давления применяются латунные или медные соединительные и стопорные (при большом перепаде по высоте) муфты.

Гибкие кабели выше 1000 В с резиновой изоляцией в резиновом шланге соединяются горячим вулканизированием с покрытием противосыростным лаком.

Число соединительных муфт на 1 км вновь строящейся кабельной линии напряжением 1—35 кВ должно быть не более 6. Увеличение количества кабельных муфт до 8 шт. на 1 км допускается только по согласованию с энергоснабжающей организацией.

Для кабельных линий 110—220 кВ число соединительных муфт определяется проектом.

Соединение жил кабеля производится в соответствии с § 36-5, Г.

Кабельные заделки (концевые муфты, рис. 36-12, 36-13, 36-14) служат для присоединения кабеля к аппарату, шинам и т. д.

Размеры свинцовой перчатки (рис. 36-13, а) для трехжильного кабеля составляют:

при напряжении до 1 кВ  $A = 55 \div 70$  мм,  $B = 15 \div 25$  мм;

при напряжении до 10 кВ  $A = 60 \div 85$  мм,  $B = 20 \div 30$  мм;

во всех случаях  $D = 15 \div 25$  мм,  $E = 35$  мм.

Меньшие размеры относятся к кабелям с сечением жил до 35 мм<sup>2</sup>, большие —

150 мм<sup>2</sup> и более.  $E$  — участок поясной изоляции, удаляемой перед надеванием перчатки.

Концевые воронки (рис. 36-12) устанавливаются только в вертикальном положении, обладают горючестью, подвержены атмосферным воздействиям. Применяются при установках в сухих помещениях. В не-

которых случаях могут применяться в наружных установках (под навесом), обязательно с крышками.

Свинцовые перчатки (рис. 36-13, а) защищают от прямого попадания дождя и снега. Обладают достаточной герметичностью.

Сухие разделки с полихлорвиниловой лентой подвержены воздействию бензина

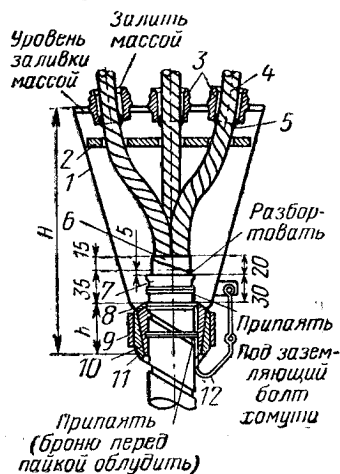


Рис. 36-12. Кольцевая стальная воронка внутренней установки для трехжильного кабеля до 10 кВ.

1 — воронка; 2 — фарфоровая пластина; 3 — фарфоровая втулка; 4 — изолированная жила; 5 — подмотка кабельной лентой; 6 — поясная изоляция; 7 — свинцовая оболочка; 8 — бандаж из просмоленной ленты; 9 — хомут; 10 — подмотка просмоленной лентой; 11 — подмотка толем; 12 — заземляющий проводник (соединяется: воронка — болт — хомут — оболочка).

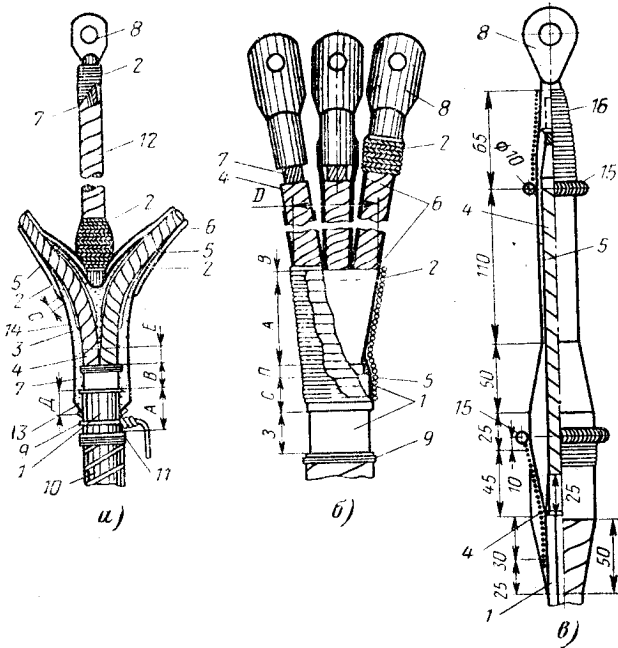


Рис. 36-13. Кольцевые заделки внутренней установки для кабелей с бумажной изоляцией.

*a* — свинцовая перчатка для трехжильного кабеля до 10 кВ; *b* — заделка для многожильного кабеля до 3 кВ; *в* — заделка для одножильного кабеля до 10 кВ; 1 — свинцовая оболочка; 2 — пропитанная лаком пряжа (шпагат); 3 — подмотка кабельной бумаги; 4 — основная изоляция жилы; 5 — намотка пряжи с пропиткой лаком; 6 — намотка из полихлорвиниловой ленты или ткани (толщина до 5 мм, каждый слой пропитывается глифталевым лаком с запечаткой горячим воздухом при 100–120 °С); 7 — жила кабеля; 8 — наконечник; 9 — бандаж из медной проволоки диаметром 2–3 мм (припаивается к свинцовой оболочке и броне); 10 — бандаж из стальной проволоки; 11 — намотка из полихлорвиниловой или киперной ленты с пропиткой лаком; 12 — свинцовая перчатка; 13 — полость, заполняемая массой (лаком); 15 — экран; 16 — экранирующая намотка.

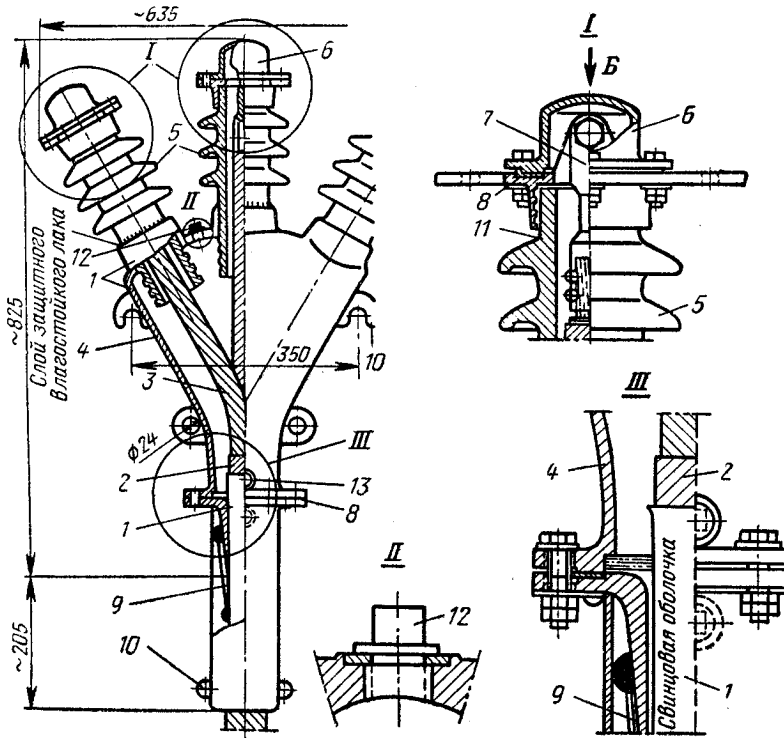


Рис. 36-14. Муфта концевая наружной установки для кабелей 6–10 кВ.

1 — свинцовая оболочка кабеля; 2 — поясная изоляция; 3 — изолированная жила кабеля; 4 — корпус муфты; 5 — фарфоровые изоляторы; 6 — крышка; 7 — наконечник; 8 — бронзовый фланец; 9 — свинцовая манжета (слой припой); 10 — лапа для крепления патрубка; 11 — уровень кабельной массы; 12 — контрольная пробка для выпуска воздуха и массы при заливке; 13 — пробка для выпуска массы при пропайке муфты.

и кислот. Не допускается их установка для потребителей первой категории.

При установке на открытом воздухе применяются муфты наружной установки (рис. 36-14).

Весьма надежны и устойчивы заделки эпоксидными компаундами. Однако они не допускают разборки и ремонта.

Общий порядок монтажа кабельных муфт:

1. После снятия с конца кабеля свинцового капора отдельные ленты изоляции проверяются на отсутствие влаги, а затем изоляция испытывается мегомметром.

2. После снятия поясной изоляции жилы кабеля фазированы (мегомметром) с выводами аппарата, шинами или жилами другого кабеля. При этом скрещивания жил не допускается. Для изменения положения жил осторожно вращают кабель вокруг своей оси на участке длиной 10—15 м.

3. Соединяются жилы кабеля (§ 36-5, Г). Пайка медных жил производится припоем ПОС-30 (над ковшем). Длительность пайки одной жилы не нормируется; обычно не превышает 1,5 мин. Температура припоя проверяется термометром или термометром.

4. Свинцовая оболочка муфты припаявается к свинцовой оболочке кабеля висмутовым припоем или припоем ПОС-30. Длительность пайки 2—3 мин.

5. В концевых муфтах и воронках дополнительное изолирование жил (поверх заводской изоляции) в пределах муфты (воронки) не требуется. При напряжении выше 1000 В обязательна установка распорных изоляционных пластин проходных втулок или изоляторов (рис. 36-12).

6. При наличии на фазной или поясной изоляции металлизированной ленты последняя после разделки и соединения жил восстанавливается.

7. Все муфты на кабелях с бумажной изоляцией жил после полного окончания их монтажа подвергаются прошпарке (для удаления влаги и загрязнений) путем заливки в муфту при открытых нижних отверстиях подогретой до 120—140 °С массы. Прошпарка ведется до прекращения потрескивания и пенообразования вытекающей из муфты массы. Непосредственно после прошпарки муфта заливается массой. В процессе заливки должен быть обеспечен выход воздуха из муфты. Заливка ведется в 2—3 приема с интервалами 1,5—2 ч после укладки предыдущей порции. Включать кабель допускается спустя 2—4 ч после заливки муфты массой.

Разделка кабеля с бумажной изоляцией в алюминиевой или полихлорвиниловой оболочке, соединение жил и концевые заделки выполняются так же, как и для соответствующих кабелей в свинцовой оболочке.

Присоединение заземления к алюминиевой оболочке кабеля производится с применением специального припоя (олово 36%,

цинк 40%, кадмий 24% по массе). Предварительно поверхность оболочки протирается бензином и нагревается паяльной лампой, очищается стальной щеткой и облуживается указанным припоем.

Для припаивания свинцовой оболочки муфты к поверхности алюминиевой оболочки последняя облуживается таким же образом.

Надрез алюминиевой оболочки выполняется с помощью специального инструмента. Ширина надрезанной для удаления полосы 4—5 мм.

Концевые заделки кабелей во всех случаях заземляются. На кабельных линиях выше 1000 В корпус муфты, свинцовая (или алюминиевая) оболочка и стальная броня соединяются между собой и заземляются. Алюминиевая оболочка не должна соприкасаться с чугунным кожухом муфты.

Соединительные муфты и концевые разделки из эпоксидного компаунда корпуса не имеют. Эпоксидный компаунд заливают во временную форму, устраняемую после его застывания.

### Г. Соединение жил кабеля

Перед соединением все кабели разделяются. Разделка кабеля марки СБ или АСБ (рис. 36-15) выполняется в соответствии с данными табл. 36-11. В той же таблице приведены длина  $a$  и толщина  $b$  слоя намотки изоляции в свинцовой муфте.

Разделка наружных покрытий кабеля марки ОСБ с отдельно освинцованными жилами (рис. 36-16) должна иметь следующие размеры: для кабеля 35 кВ при сечении жил до 100 мм<sup>2</sup>  $A=233$  мм,  $B=40$  мм; при сечении жил более 100 мм<sup>2</sup>  $A=238$  мм,  $B=45$  мм, для всех кабелей ОСБ 35 кВ  $B=70$  мм,  $\Gamma=123$  мм.

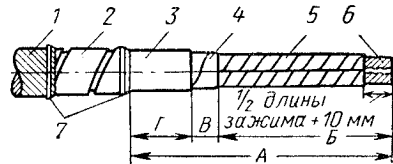


Рис. 36-15. Разделка кабеля СБ.

1 — оплетка из пряхи; 2 — стальная броня; 3 — свинцовая оболочка; 4 — поясная изоляция; 5 — изоляция жилы; 6 — жила; 7 — проволочный бандаж.

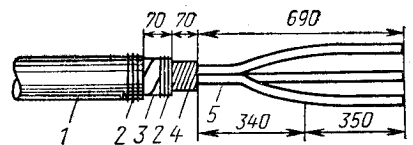


Рис. 36-16. Разделка кабеля ОСБ.

1 — оплетка из пряхи; 2 — бандаж из проволоки; 3 — стальная броня; 4 — тканевая намотка; 5 — свинцовая оболочка.

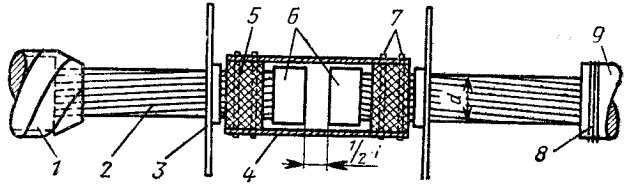
Таблица 36-11

Размеры разделок кабелей с медными и алюминиевыми жилами (СБ, АСБ и им подобных) для монтажа соединительных муфт (рис. 36-11 и 36-15)

Напряжение, кВ	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Размеры разделки, мм				Намотка изоляции, мм (рис. 36-11)	
		А	Б	В	Г	длина а	толщина б
До 1	16—35	165	110	10	45	125	2,5
	50—95	190	130	15	45	125	2,5
	120—150	210	150	15	45	125	3,0
	185—240	230	170	15	45	150	3,0
	240—300	240	180	15	45	150	3,0
До 3	16—35	210	130	20	60	125	3,0
	50—95	230	150	20	60	125	3,0
	120—150	250	170	20	60	150	3,5
	185—240	270	190	20	60	150	3,5
	До 6	16—95	275	185	25	65	150
120—150		330	240	25	65	150	5
185—240		355	255	25	75	150	5
До 10	16—35	275	180	30	65	175	7
	50—95	290	195	30	65	175	7
	120—150	355	250	30	75	175	7
	185—240	380	275	30	75	175	7

Рис. 36-17. Соединение кабеля с алюминиевыми жилами газосваркой.

1 — обмотка из термостойкой ленты; 2 — голая жила; 3 — экран; 4 — стальная форма; 5 — асбестовое уплотнение; 6 — предварительно сваренные жилы; 7 — проволочный бандаж; 8 — нитяной бандаж; 9 — изоляция жилы.



Медные жилы соединяются, как правило, пайкой (между собой в гильзах, для подключения к аппарату, шине и т. д. впаиваются в наконечник).

Соединение медных и алюминиевых жил методом сплошной опрессовки при помощи гидропресса может выполняться на кабелях до 1 кВ. Присоединение жил к наконечникам методом сплошной опрессовки применяется для кабелей до 35 кВ, а для кабелей до 1 кВ — опрессовка методом «двойного зуба».

Сварка алюминиевых жил может производиться по методу «сквозного литья» с применением форм с отверстиями. Формы прокаливается и погружаются в минеральное масло или покрываются 2 раза кокильной краской. Жилы заводятся в форму с сохранением зазора между торцами 3—4 мм (предварительно торцы покрываются спиртно-канифольным флюсом). Через верхнее отверстие в течение 15—45 с заливается расплавленный алюминий (нагретый до 800—850 °С). Затем нижнее отверстие закрывается и алюминий заливается окончательно.

На жилах, приготовленных для сварки или пайки, изоляция удаляется на длине 29\*

не 60—75 мм, пропиточная масса смазывается бензином. Неогорелый участок жилы на период монтажа обматывается слоем киперной ленты.

Соединение медных жил с алюминиевыми производится пайкой. Предварительно эти жилы облуживаются соответствующими припоями. Облуживание алюминиевых жил производится припоем А.

Алюминиевые жилы могут соединяться газосваркой (рис. 36-17). Жилы, срезаемые в торцах под углом 60°, помещаются в корытце. Сварка должна длиться не более 0,5—1 мин с применением флюса.

Д. Приемка кабельных линий. Приемочно-сдаточные испытания.

Эксплуатирующая организация производит технический надзор в процессе прокладки и монтажа кабельных линий всех напряжений, сооружаемых другими организациями.

Кабельные линии перед приемкой в эксплуатацию после монтажа или капитального ремонта испытываются в следующем объеме:

1) определение целостности жил и их фазировка;

Таблица 36-12

**Нормы приемо-сдаточных испытаний кабельных линий повышенным напряжением**

Номинальное, кВ	Испытание повышенным напряжением			
	выпрямленного тока		промышленной частоты	
	испытательное напряжение, кВ	продолжительность испытания, мин	испытательное напряжение, кВ	продолжительность испытания, мин
1 и менее	1—2,5 (мегаомметром)	1	—	—
До 10	6U <sub>ном</sub>	10	—	—
20—35	5U <sub>ном</sub>	10	—	—
110	300	15	250 (145 к земле)	5
220	450	15	500 (288 к земле)	5
<i>Кабели с резиновой изоляцией</i>				
3	6	5	—	—
6	12	5	—	—

2) испытание повышенным напряжением выпрямленного тока в соответствии с данными табл. 36-12 (кабели считаются выдержавшими испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания, после того как он достиг установившейся величины);

Таблица 36-13

**Характеристика масла маслonaполненных кабелей 110—220 кВ при приемо-сдаточных испытаниях**

Характеристики масла	Нормы (через трое суток после заливки)	
	Масло С-220	Масло МН-3
Пробивная прочность, кВ/см	180	180
$\text{tg} \delta$ при $+100^\circ\text{C}$ не более	0,005	0,008
Кислотное число, мг КОН, не более	0,02	0,02
Степень дегазации не более, %	0,5	1,0

3) испытание повышенным напряжением промышленной частоты для линий напряжением 110 кВ и более взамен испытания выпрямленным током (табл. 36-12);

4) измерение сопротивлений заземлений концевых заделок на линиях всех напряжений, а также металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов на линиях 110—220 кВ (§ 36-14, И, 36-12, Ж).

Для маслonaполненных кабелей 110—220 кВ дополнительно производится:

а) определение характеристик масла из всех элементов линий (характеристика масла должна соответствовать данным табл. 36-13);

б) испытание на наличие нерастворенного воздуха на всех секциях линий низкого и среднего давлений (содержание нерастворенного воздуха в масле не более 0,1%);

в) опробование системы сигнализации давления масла;

г) испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт на линиях высокого давления (для зимнего времени);

д) контроль состояния антикоррозийного покрытия стального трубопровода.

Кроме указанных, могут производиться следующие испытания:

а) определение активного сопротивления жил кабеля и рабочих емкостей (для линий напряжением выше 10 кВ);

б) измерение токораспределения по группам одножильных кабелей;

в) проверка действия установленных на линии устройств антикоррозийной защиты от блуждающих токов.

**36-6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**
**А. Нагрузка силовых кабелей**

Для каждой кабельной линии при вводе в эксплуатацию устанавливаются максимальные токовые нагрузки в соответствии с ПУЭ. Эти нагрузки определяются по участку трассы с наимудшими тепловыми условиями, если длина более 10 м.

Температура нагрева кабелей проверяется на участках с наимудшим внешним охлаждением. Сроки проверок определяются местными инструкциями.

Для кабелей с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или полихлорвиниловой оболочке длительные температуры жил не должны превышать при номинальном напряжении до 3 кВ  $+80^\circ\text{C}$ , до 6 кВ  $+65^\circ\text{C}$ , до 10 кВ  $+60^\circ\text{C}$ , 20 и 35 кВ  $+50^\circ\text{C}$ . Допустимые нагрузки на кабели, указанные в ПУЭ, определены для температуры земли (при прокладке в траншеях) или воды (при прокладке в воде)  $+15^\circ\text{C}$ , а при прокладке на воздухе, в туннелях, каналах (если расстояния между кабелями не менее допустимых) — для температуры окружающего воздуха  $+25^\circ\text{C}$ .

Вентилиация кабельных сооружений должна систематически проверяться. В летнее время температура воздуха внутри туннелей, каналов и шахт не должна превышать температуры наружного воздуха более чем на  $10^\circ\text{C}$ .

Кабели напряжением до 10 кВ могут кратковременно перегружаться по току

Таблица 36-14

## Допустимая перегрузка кабелей напряжением до 10 кВ

Предварительная нагрузка, кратность к номинальной	Вид прокладки	Длительность максимума нагрузки, ч	Допустимая перегрузка, кратность к номинальной	
			при длительной недогрузке	в аварийных ситуациях (до 5 суток)
0,6	В земле	0,5	1,35	1,5
		1	1,3	1,5
		3	1,15	1,35
		6	—	1,25
	В воздухе	0,5	1,25	1,35
		1	1,15	1,35
		3	1,1	1,25
		6	—	1,25
	В трубах (в земле)	0,5	1,2	1,3
1		1,1	1,3	
3		1,0	1,2	
6		—	1,15	
0,8	В земле	0,5	1,2	1,35
		1	1,15	1,35
		3	1,1	1,25
		6	—	1,2
	В воздухе	0,5	1,15	1,3
		1	1,1	1,3
		3	1,05	1,25
		6	—	1,25
	В трубах (в земле)	0,5	1,1	1,2
1		1,05	1,2	
3		1	1,15	
6		—	1,1	

сверх установленных ПУЭ пределов, если они длительно недогружены, а также при ликвидации аварий. Значения допустимой перегрузки для этих случаев приведены в табл. 36-14.

Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, допустимые перегрузки понижаются на 10%.

Перегрузка кабельных линий 20—35 кВ не допускается.

Для маслонаполненных кабельных линий 110 кВ разрешается непрерывная перегрузка в течение 100 ч, если температура жил повышается не более чем на 10°C выше номинальной.

Температура жилы кабеля подсчитывается по формуле

$$\vartheta_{ж} = \vartheta_{пов} + \frac{I^2 n \rho K_{из}}{100s} \cdot \vartheta_{пов} + 6,32 \left( \frac{I}{100} \right)^2 \frac{K_{из}}{100}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где  $K_{из}$  — сумма тепловых сопротивлений изоляции (табл. 36-15) и защитных покрытий кабеля (табл. 36-16);

$\vartheta_{пов}$  — измеренная температура поверхности кабеля, °C;

$s$  — сечение жилы кабеля, мм<sup>2</sup>;

$n$  — число жил кабеля;

$\rho$  — удельное сопротивление материала жилы при рабочей температуре (50°C), Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$I$  — нагрузка кабеля во время опыта, А.

Температура измеряется при помощи термометров, прикрепленных к поверхности (бронне) кабеля легкоплавающим припоем, с тем чтобы после испытания можно было легко снять термометр без повреждения ее и оболочки кабеля. Если температура жилы получается меньше допустимой, то нагрузка кабеля может быть увеличена, а если больше — то уменьшена. В обоих случаях допустимый ток определяется по формуле

$$I_{доп} = I \sqrt{\frac{\vartheta_{доп} - \vartheta_{с}}{\vartheta_{ж} - \vartheta_{с}}},$$

Таблица 36-15

## Тепловые сопротивления изоляций трехжильных кабелей с поясной изоляцией

Сечение жилы кабеля, мм <sup>2</sup>	Тепловое сопротивление изоляции при номинальном напряжении							
	10 кВ		6 кВ		3 кВ		1 кВ	
	круглые жилы	секторные жилы	круглые жилы	секторные жилы	круглые жилы	секторные жилы	круглые жилы	секторные жилы
10	115	106	109	97	93	80	65	47
15	113	101	94	83	93	68	56	38
25	101	89	86	73	68	51	47	29
35	94	82	79	64	61	45	43	25
50	86	72	74	58	54	38	37	21
70	80	66	67	50	50	34	33	18
95	73	57	60	42	44	29	30	16
120	67	51	55	37	41	26	29	16
150	63	47	51	32	39	24	28	16
185	60	43	49	30	34	21	28	15
240	55	37	45	30	31	19	23	13

Таблица 36-16

## Тепловые сопротивления защитных покровов трехжильных кабелей

Сечение жилы кабеля, мм <sup>2</sup>	Тепловое сопротивление защитных покровов при номинальном напряжении			
	10 кВ	6 кВ	3 кВ	1 кВ
10	27	30	33	37
15	23	28	32	35
25	22	26	30	28
35	18	23	28	27
50	17	22	25	27
70	16	20	23	26
95	16	18	20	23
120	15	16	19	20
150	15	16	18	18
185	14	16	17	16
240	14	15	16	15

где  $\vartheta_{\text{доп}}$  — наибольшая допустимая температура жил, °С;  
 $\vartheta_{\text{с}}$  — температура окружающей среды, °С;  
 $\vartheta_{\text{ж}}$  — подсчитанная температура жилы, °С;

## Б. Наблюдение за работой кабельных линий

В процессе эксплуатации осуществляется контроль за температурой и нагрузкой кабельных линий (§ 36-6, А).

Контроль за коррозией оболочек кабеля производится в сроки, определяемые местной инструкцией. В районе с электрифицированным транспортом — не реже 2 раз в год. Контроль осуществляется измерением блуждающих токов. Для бронированных кабелей опасными являются анодные зоны (токи идут от оболочки в окружающую среду) с плотностью тока, переходящего в землю, 0,15 мА/дм<sup>2</sup> и более. Наблюдение за средствами защиты от коррозии производится по местным инструкциям.

Химическая и электролитическая коррозия свинцовой оболочки имеет место, когда грунт содержит известняк, доменные шлаки, органические кислоты, нитраты, хлориды. Азотнокислые соли опасны при концентрации 20/10<sup>6</sup>, хлориды — при концентрации 1000/10<sup>6</sup>. При обнаружении коррозии производится систематический отбор проб грунта для анализа его.

Защита кабеля от коррозии блуждающими токами осуществляется в катодных зонах (где ток входит в оболочку) прокладыванием кабеля в керамических или асбоцементных трубах или каналах. В анодных зонах — применением электрического дренажа. Дренаж заключается в отводе токов из оболочки обратно в рельсы электрической железной дороги, для чего в месте наибольшего выхода тока из оболочки присоединяется проводник, идущий к минусу подстанции. При этом потенциал брони

во всех местах не должен превышать потенциала грунта более чем на 1 В.

Наиболее эффективной защитой является форсированный электрический дренаж, выполняемый в виде отсасывающих электродов (пластин), закладываемых в катодных зонах. При такой системе защиты отрицательный потенциал на защищаемом кабеле не должен превосходить 0,2—0,5 В.

При наличии химической коррозии необходимо или заменить трассу кабеля, или проложить кабели в трубах, каналах и т. д., или произвести обмазку оболочек стойким составом (битумом, сульфидом и т. п.).

В сетях с изолированной или компенсированной нейтралью необходим контроль за целостностью изоляции относительно земли. При появлении однофазного замыкания на землю необходимо немедленно сообщить об этом дежурному на питающей подстанции или дежурному по сети электроснабжающей организации и в дальнейшем действовать по его указанию. В сетях генераторного напряжения и на кабельных линиях 35 кВ работа в указанном режиме допускается не более 2 ч (до 6 ч в исключительных случаях с разрешения электроснабжающей организации).

Для маслонаполненных кабельных линий 110 кВ и более проектом устанавливаются пределы, а также скорости допустимых изменений давления масла. При превышении этих пределов линия (или ее секция) должна быть отключена. Последующее включение производится после выявления и устранения причин увеличения давления масла.

Трассы всех кабельных линий подлежат периодическим осмотрам.

Осмотры трасс кабельных линий до 35 кВ производятся:

а) трасс линий, проложенных в земле, — по местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес.;

б) концевых муфт — 1 раз в 6 мес. (на линиях до 1 кВ — 1 раз в год), причем кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, распределительных устройствах и на подстанциях, осматриваются одновременно с другим оборудованием;

в) кабельных колодцев — 2 раза в год;

г) подводных кабелей — в соответствии с местными инструкциями;

д) туннелей, шахт и каналов — по местным инструкциям.

Обнаруженные при осмотрах ненормальности заносятся в журнал дефектов и неполадок с оборудованием для последующего устранения.

Внеочередные обходы производятся в периоды паводков, после ливней и в других особых случаях.

Осмотры трасс и сооружений маслонаполненных кабельных линий 110 кВ и выше производятся:

а) трасс линий, проложенных в земле, — 2 раза в месяц;

б) трасс линий, проложенных в коллекторах и туннелях, — 1 раз в 3 мес.;

в) кабельных колодцев со стопорными и полустопорными муфтами 1 раз в 3 мес.;

г) подпитывающих пунктов на линиях, имеющих сигнализацию изменения давления масла, — 1 раз в месяц;

д) подпитывающих пунктов, не имеющих сигнализации, — по местным инструкциям.

На каждую кабельную линию должен быть заведен паспорт, содержащий технические данные по линии и систематически пополняемый сведениями по испытаниям, ремонту и эксплуатации линии.

## В. Профилактические испытания силовых кабельных линий

1. Определение целости жил и фазировка. Производится при капитальных и текущих ремонтах кабеля (не реже 1 раза в год).

2. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока. Проводится при капитальных ремонтах, но не реже 1 раза в 3 года.

Кабели, находящиеся в эксплуатации, испытываются несколько меньшим напряжением, чем при прямо-сдаточных испытаниях. Кабели 1—10 кВ испытываются в эксплуатации напряжением  $(5 \div 6) U_{ном}$ , а 20—35 кВ — напряжением  $(4 \div 5) U_{ном}$  в течение 5 мин. Кабели 110 кВ испытываются выпрямленным напряжением 250 кВ, а кабели 220 кВ — напряжением 400 кВ в течение 15 мин. Кабель считается выдержавшим испытание, если не произошло пробоя, не замечалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или нарастания тока утечки после того, как он при испытании достиг установившегося значения.

3. Измерение сопротивлений заземлений. Производится при капитальных ремонтах, но не реже 1 раза в 3 года. На линиях всех напряжений производится у концевых заделок, а на линиях 110 кВ и более также у металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов.

4. Измерение токораспределения по одножильным кабелям производится при капитальных ремонтах, но не реже 1 раза в 3 года. Неравномерность в распределении токов на кабелях не должна превышать 10%, особенно если это приводит к перегрузке отдельных фаз.

5. Контроль осушения вертикальных участков (сроки — по местным инструкциям) производится на кабелях 20—35 кВ измерением и сопоставлением температур нагрева свинцовой оболочки в разных точках вертикального участка (измерение температур — см. § 36-6, А). Разность в нагреве отдельных точек должна быть не более 2—3 °С. Контроль осушения можно производить также путем снятия кривых  $\text{tg } \delta = f(U)$  на вертикальных участках.

6. Измерение блуждающих токов (сроки — по местным инструкциям). Произво-

дятся измерения потенциалов и токов на оболочках кабелей в контрольных точках, а также измерения параметров установки электрозащит. Опасными считаются токи на участках линий в анодных и знакопеременных зонах в следующих случаях:

а) если среднесуточные плотности тока утечки в землю бронированных кабелей, проложенных в маслоагрессивных грунтах (удельное сопротивление почвы более 20 Ом·м), превышают 0,15 мА/дм<sup>2</sup>;

б) при наличии любых токов утечки, если бронированные кабели проложены в агрессивных грунтах (удельное сопротивление менее 20 Ом·м);

в) при эксплуатации кабелей с голыми свинцовыми оболочками, с разрушенными броней и защитными покрытиями;

г) при эксплуатации стальных трубопроводов линий высокого давления независимо от агрессивности окружающего грунта и видов изоляционных покрытий на них.

7. Определение химической коррозии производится в случаях, если имеет место повреждение кабеля коррозией и нет сведений о коррозионных условиях трассы.

8. Измерение нагрузки производится регулярно (по местным условиям). Нагрузки должны удовлетворять паспортным данным линии и требованиям ПУЭ. Максимальный ток линии обозначается на амперметрах, установленных в распределительных устройствах, красной чертой.

9. Измерение температуры кабеля (§ 36-6, А).

10. Испытание кабелей 3—6 кВ с резиновой изоляцией (ГТШ, КШЭ, КШВГ, КШВГЛ, КШВГД и др.). Проводится после мелких ремонтов, не связанных с перемонтажом кабеля. Изоляция проверяется мегомметром 2500 В не реже 1 раза в год (в стационарных установках) и перед наступлением сезона (в сезонных установках).

Кроме описанных выше нормированных показателей на практике используется ряд ненормированных показателей, взятых из опыта эксплуатации.

Основным критерием оценки изоляции кабеля, не пробитого при испытаниях повышенным напряжением, служит величина тока утечки и изменение этой величины по сравнению с предыдущими испытаниями, а также асимметрия тока утечки по фазам при испытании выпрямленным напряжением. Максимальные значения тока утечки и коэффициента асимметрии приведены в табл. 36-17. В этой таблице под линейными кабелями понимаются кабели длиной свыше 0,25 км, имеющие несколько строительных длин, под генераторными и трансформаторными — в пределах одной строительной длины до 0,5 км. Никаких пересчетов на длину не требуется.

При испытании трехжильного кабеля выпрямленное напряжение прикладывается и ток утечки измеряется между каждой жилой и двумя другими, соединенными со свинцовой оболочкой. В одножильном кабе-



Таблица 36-17

## Показатели для оценки состояния изоляции силовых кабелей, находящихся в эксплуатации

Вид кабеля	Номинальное напряжение, кВ	Приложенное выпрямленное напряжение, кВ	Ток утечки, мкА		Коэффициент асимметрии	
			Новый кабель	В эксплуатации	Новый кабель	В эксплуатации
Линейный трехжильный	35	100	150	300	1,25	1,75
	20	60	150	300	1,25	1,75
	10	40	120	250	1,5	2,0
	6	25	75	150	1,5	2,0
	3	12	50	100	2,0	2,5
	2	8	35	70	2,0	2,5
Генераторный и трансформаторный трехжильный	35	100	60	150	1,25	1,75
	20	60	60	150	1,25	1,75
	10	40	50	120	1,5	2,0
	6	25	30	75	1,5	2,0
	3	12	20	50	2,0	2,5
Линейный одножильный	6	25	100	200	—	—
Генераторный и трансформаторный одножильный (или трехжильный, работающий как одножильный)	6	25	40	100	1,5	2,0

ле ток утечки измеряется между жилой и оболочкой.

Время приложения испытательного напряжения при каждом измерении — 5 мин.

При измерении тока утечки у кабеля с исправной изоляцией ток убывает, а у кабеля, имеющего дефект в изоляции, начинает возрастать. Если ток утечки будет заметно нарастать или появляться толчки тока, испытания следует продлить до 15—20 мин. При дальнейшем нарастании тока испытания надо вести, как правило, до пробоя дефектного места кабеля, что облегчит отыскание места повреждения.

При исключении тока утечки концевых муфт ток утечки изоляции кабеля на трассе должен быть меньше значений, указанных в табл. 36-17.

Дефектной концевой муфтой признается та из муфт, которая имеет наибольший ток утечки (больше 0,15 мА).

Величина сопротивления изоляции кабеля не нормируется.

Величина сопротивления изоляции сильно зависит от времени, через которое произведен отсчет (§ 17-11). Рекомендуется производить отсчет через 15 и 60 с. За величину сопротивления изоляции принимается отсчет через 60 с. Это сопротивление для исправной изоляции кабельной линии будет не менее чем в 2 раза превышать сопротивление, отсчитанное через 15 с (см. также § 36-8, Д, п. 1).

Кроме указанных испытаний длинные кабели рекомендуется проверять на искру, т. е. способность держать заряд. При проверке статическим вольтметром негодный кабель теряет в течение 5 мин 75% и более от приложенного напряжения.

Испытания кабельных линий 110 кВ и более производятся только с разрешения электроснабжающей организации.

## Г. Определение вида и места повреждения кабельной линии

Простейшие виды повреждений кабельных линий определяются с помощью мегомметра (для кабелей напряжением более 1 кВ используется мегомметр 2500 В).

Вначале проверяется отсутствие замыканий каждой жилы кабеля на землю и между отдельными жилами. Перед испытанием кабель должен быть отсоединен от сети с обеих сторон.

Для проверки отсутствия обрыва жил кабеля необходимо один линейный конец мегомметра соединить с землей, а другой подключить поочередно к каждой жиле. На противоположном конце кабеля все жилы соединяются между собой и заземляются (если включение мегомметра производить по-иному, то можно получить ошибочные результаты).

Мегомметром выявляются только явные дефекты: металлическое короткое замыкание (переходное сопротивление в месте повреждения 0—100 Ом, пробивное напряжение равно нулю) или обрыв жилы (переходное сопротивление в месте повреждения составляет сотни МОм, пробивное напряжение больше испытательного, то есть испытание повышенным напряжением кабель выдерживает).

Если кабель не выдержал испытания повышенным напряжением, но переходное сопротивление в месте повреждения велико (более 5 МОм), для более точного опреде-

Таблица 36-18

## Применение методов нахождения места повреждения кабельных линий

Вид повреждения	Переходное сопротивление в месте повреждения, Ом	Пробивное напряжение в месте повреждения, кВ	Рекомендуемый метод нахождения места повреждения
Замыкание между фазами	0—100	0	1. Импульсный 2. Индукционный
Замыкание фазы на землю	0—100	0	1. Импульсный 2. Индукционный (индукционно-коммутационный)
	До 5 000	Близко к нулю	1. Импульсный 2. Петлевой 3. Акустический
Обрыв жил	$10^6$ и более	Больше испытательного (нег пробоя)	1. Импульсный 2. Емкостный
Обрыв жил с неметаллическим замыканием на землю в месте обрыва	Более 5 000	Меньше испытательного	1. Импульсный 2. Емкостный 3. Акустический
Заплавывающий разряд в муфте	$10^6$ и более	Меньше испытательного	1. Баллистического гальванометра 2. Акустический

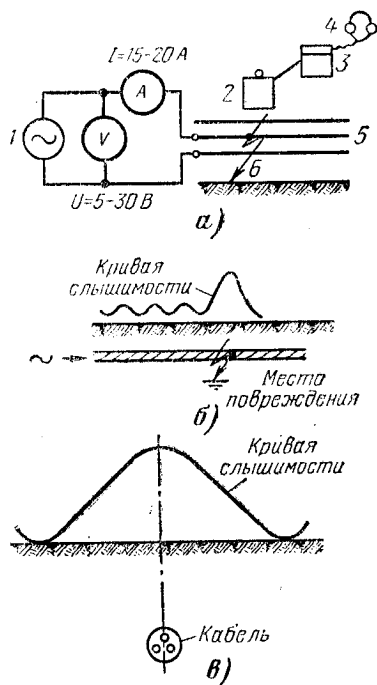


Рис. 36-18. Определение места повреждения кабельной линии индукционным методом.

а — принципиальная схема; б — кривая слышимости при перемещении рамки вдоль оси кабельной линии; в — кривая слышимости при перемещении рамки поперек оси кабельной линии; 1 — генератор переменного тока звуковой частоты; 2 — рамка; 3 — усилитель; 4 — телефон; 5 — жилы кабеля; 6 — переходное сопротивление в месте повреждения.

ления места повреждения производится прожигание поврежденного кабеля.

Прожигательная установка, в которой повышенное напряжение выпрямляется с помощью достаточно мощных газотронов,

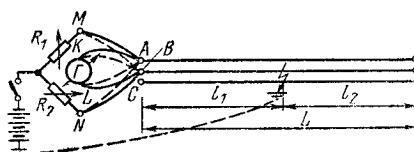


Рис. 36-19. Определение места повреждения кабеля методом петли.

монтируется обычно совместно с испытательной (кенотронной) установкой. Сначала проводится испытание кабеля повышенным напряжением постоянного тока (кенотронирование). Если кабель неисправен, ток утечки растет, а напряжение, приложенное к кабелю, снижается (мощность, кенотронной установки мала). Когда напряжение снизится примерно до 20 кВ, отключается испытательная часть установки и включается прожигательная (газотроны). После того, как газотроны примут нагрузку, кенотронная часть отключается. Если работа газотронов неустойчива, кенотрон вновь включается на параллельную работу с газотронами до получения устойчивой работы последних.

Прожигание места повреждения кабеля в сухом грунте продолжается 5—20 мин. Сопротивление в месте повреждения удаётся снизить до нескольких ом.

Прожигание в сыром грунте более длительно. Сопротивление повреждения снижается до 3—5 кОм.

Прожигание повреждения в муфте длится несколько часов. В некоторых случаях (заплывающий разряд в муфте) испытательно-прожигательная установка не позволяет определить наличие повреждения.

В зависимости от вида повреждения могут применяться различные способы определения места повреждения кабеля (табл. 36-18).

Применение импульсного метода для определения места повреждения кабельной линии не отличается от применения того же метода для воздушных линий (§ 36-4, Е). Скорость распространения волны в кабельных линиях 3—110 кВ составляет  $160 \pm \pm 1$  м/мкс.

Индукционный метод основан на приеме на рамку (катушку) оператора, идущего вдоль трассы, магнитных линий и изменений слышимости звука. Линия подключается к генератору переменного тока звуковой частоты (800—1 000 Гц). Звук прослушивается все время, пока рамка находится над неповрежденной частью кабеля. За местом повреждения звук исчезает или резко снижается. Магнитная ось рамки (катушки) должна располагаться над кабельной трассой горизонтально, перпендикулярно его оси. Принципиальная схема и кривые слышимости приведены на рис. 36-18.

Метод петли (петля Муррея) основан на принципе моста постоянного тока. Схема включения показана на рис. 36-19.

После уравнивания моста расстояния до места повреждения

$$l_1 = 2L \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Для проверки правильности измерения и подсчета рекомендуется пересоединить провода, как показано на рисунке (точки *M* и *K* моста отсоединяются от фазы *A* и присоединяются к фазе *B*, а точки *N* и *L* моста присоединяются с фазы *B* на фазу *A*). Определяется

$$l_2 = 2L \frac{R_2}{R_1 + R_2} - L.$$

При правильном измерении должно получиться

$$L = l_1 + l_2.$$

Для получения правильных результатов соединительные проводники (от моста к жилам и для закорачивания жил) должны быть как можно короче и иметь сечение не меньше, чем сечение жил, и сопротивление не более 0,1 Ом.

Метод петли применяется:

а) при пробе одной или двух фаз и наличии одной здоровой;

б) если повреждены все три фазы, но сопротивление повреждения одной из них в 500 раз больше, чем других;

в) если параллельно проходит такой же кабель со здоровыми жилами.

При переходном сопротивлении до 5 кОм используется обычный низковольтный

мост, при больших сопротивлениях (до 1 500 кОм) может быть использован высоковольтный мост.

Напряжения батареи при сопротивлении повреждения 5 кОм должно быть 100—120 В, при 1 кОм порядка 20—25 В и при 0,1 кОм достаточно 4—6 В.

Емкостный метод позволяет определить расстояние до места обрыва жилы кабеля, если хотя бы с одной стороны от повреждения изоляция жилы не пробита. Возможно несколько видов повреждения:

а) Обрыв без заземления (рис. 36-20, а). Измеряются величины емкости  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C$ , мкФ. Расстояние до места повреждения

$$l_1 = \frac{C_1}{C} L \text{ и } l_2 = \frac{C_2}{C} L,$$

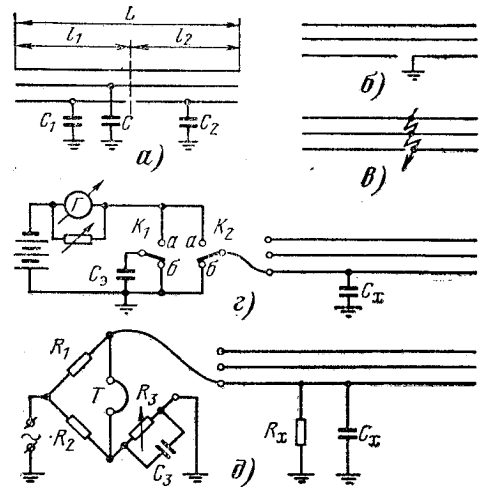


Рис. 36-20. Определение места повреждения кабеля емкостным методом.

а—в — виды повреждения кабеля; с — измерение емкости мостом постоянного тока; д — измерение емкости мостом переменного тока.

причем при правильном измерении  $l_1 + l_2 = L$ .

б) Оборванная жила с одной стороны заземлена, имеется хотя бы одна здоровая жила (рис. 36-20, б). Измеряются  $C_1$  и  $C$  и определяется  $l_1$ . Расстояние  $l_2$  не может быть измерено и проверка не производится. Место повреждения уточняется акустическим методом.

в) Оборванная жила с одной стороны заземлена, остальные жилы пробиты (рис. 36-20, в). Возможно измерить только емкость  $C_1$ . Расстояние до места повреждения

$$l_1 = \frac{C_1}{C_0} L, \text{ м,}$$

где  $C_0$  — удельная емкость одной жилы трехфазного кабеля, мкФ/м. В этом случае точность наименьшая.

г) Все жилы оборваны, заземления нет.

Измеряются  $C_1$  и  $C_2$ . Расчет ведется, как в случае А,  $C = C_1 + C_2$ .

Если активное сопротивление места повреждения велико (чистый обрыв), емкость может быть измерена мостом постоянного тока (схема на рис. 36-20, г). При включении ключа  $K_1$  в положение а стрелка гальванометра отклоняется на величину  $\alpha_{эТ}$ , соответствующую эталонной емкости  $C_{эТ}$ . Ключи  $K_1$  и  $K_2$  имеют пружинный возврат в положение б. При включении ключа  $K_2$  в положение а стрелка отклоняется на величину  $\alpha_x$ . Измеренная емкость

$$C_x = \frac{\alpha_x C_{эТ}}{\alpha_{эТ}}$$

Если активное сопротивление в месте повреждения велико (чистый обрыв), емкость может быть измерена мостом переменного тока (рис. 36-20, д). При величине сопротивления в месте повреждения менее 5 кОм точность метода резко снижается.

Акустический метод определения места повреждения кабеля заключается в прослушивании с помощью деревянного стетоскопа звуковых колебаний над местом повреждения. Кабель подключается к генератору импульсов, и звуковые колебания в месте повреждения создаются искровым разрядом. Этот метод применяется на очень коротких кабелях (до 100 м) и для уточнения места повреждения, определенного другими методами.

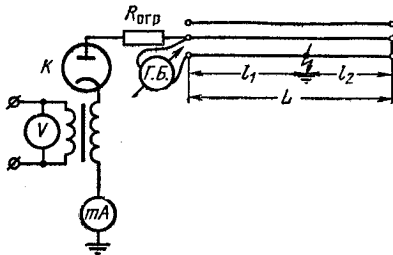


Рис. 36-21. Определение места повреждения кабеля методом баллистического гальванометра.

Метод баллистического гальванометра (рис. 36-21) применяется для определения мест повреждения с запылающим пробоем (в основном в муфтах). Измерение производится с двух сторон при высоком напряжении. Если при измерении с пункта  $M_1$  отсчет по гальванометру составил  $\alpha_1$ , а при измерении с пункта  $M_2$  составил  $\alpha_2$ , то расстояние до места повреждения составит:

$$l_1 = \frac{mL\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}; \quad l_2 = \frac{mL\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2},$$

где  $m = 1,2 \div 2$  поправочный коэффициент (тем больше, чем длиннее кабель).

## Д. Основные правила выполнения ремонтов кабельных линий

Ремонт кабельных линий производится по графику, разработанному на основе осмотров и испытаний.

Ремонтные работы на концевых заделках кабеля допускаются при отключении кабеля с двух сторон и заземлении его. Концевые заделки кабеля на сборках ремонтируются при полном отключении и заземлении сборок.

Земляные работы на кабельной трассе и вблизи нее производятся только с разрешения эксплуатирующей организации. На месте работы устанавливаются сигнальные огни и предупредительные плакаты. Вскрытые кабели укрепляются для предупреждения провисания и механических повреждений. Если при раскопках обнаружены неизвестные кабели и другие коммуникации, не указанные на схеме, работы приостанавливаются до выяснения и получения разрешения на продолжение работ.

В месте расположения кабелей раскопки, начиная с глубины 0,4 м, должны производиться только при помощи лопат. При замершем грунте необходим его отогрев. Применение ломов и тому подобных инструментов запрещается.

Перекладка, отводы и сдвиги кабеля и переноска муфт производятся после отключения и разрядки кабеля. Допускается перемещение кабелей, находящихся под напряжением, на расстояние до 5—7 м при следующих условиях:

а) работа производится по наряду под руководством лица, имеющего опыт по перекладке кабелей;

б) кабель не должен иметь температуру ниже  $+5^\circ\text{C}$ ;

в) работы выполняются при помощи специальных захватов, причем должны быть надеты диэлектрические перчатки, а поверх них брезентовые рукавицы;

г) муфты и кабель на расстоянии 0,5 м от корешков муфт предварительно укрепляются хомутами на досках для исключения

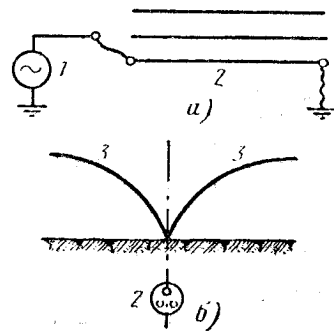


Рис. 36-22. Определение трассы кабеля.

а — принципиальная схема; б — кривая слышимости звука над кабелем; 1 — генератор звуковой частоты; 2 — кабель; 3 — кривая слышимости.

возможности смещения муфт, изгиба или натяжки кабеля около муфт.

Допускается переноска экскаваторного и шлангового кабеля (с учетом требований п. «в»). Гибкие кабели до 10 кВ должны при этом иметь защиту, отключающую поврежденную линию в случае однофазного замыкания на землю.

Если перед производством ремонтных работ появляется необходимость уточнить расположение кабельной трассы, глубину залегания кабеля, место установки муфты, это может быть сделано без снятия земляного покрова кабеля индукционным методом.

1. Определение трассы. Одна жила кабеля подключается к генератору звуковой частоты, а другая заземляется (рис. 36-22, а).

Рамка оператора устанавливается горизонтально (магнитная ось рамки должна располагаться вертикально и перпендикулярно оси кабеля). Над кабелем будет практически нулевая слышимость с повышением громкости звука в обе стороны (рис. 36-22, б).

2. Определение глубины залегания кабеля. На поверхности земли отмечается ось трассы (определяется, как указано в п. 1). Затем рамка поворачивается на угол 45° и перемещается вдоль поверхности земли в сторону от кабеля. Отмечается точка, где исчезает звук. Расстояние от этой точки до оси трассы равно глубине залегания кабеля.

3. Определение положения муфты. Если три жилы кабеля соединены параллельно, подключены к генератору звуковой частоты, а на другом конце заземлены, то при расположении рамки оператора над муфтой будет наблюдаться резкое усиление звука вследствие увеличения расстояния между жилами.

### 36-7. МОНТАЖ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А Ревизия трансформатора до монтажа

Непосредственно по прибытии трансформатора на площадку проверяется герметичность бака. Проверка производится одним из следующих способов:

1. Для трансформатора, залитого маслом, — путем создания давления в баке в течение 12 ч. С этой целью в крышку бака ввертывается трубка диаметром 1 1/2", высотой 1,5 м, которая заполняется маслом до верхнего края. Температура масла в баке должна быть не ниже +10°C.

2. Для трансформатора, заполненного инертным газом, — проверкой давления в баке манометром. Манометр должен показать избыточное давление в баке 0,1—0,15 кгс/см<sup>2</sup>.

3. Для трансформатора под вакуумом — проверкой остаточного давления. В этом случае прибор должен показать вакуум 8—10 мм рт. ст.

4. Для трансформатора, заполненного воздухом, — путем создания избыточного давления в баке. В бак нагнетается воздух до 0,15 кгс/см<sup>2</sup>. Спустя 1 ч давление не должно упасть более 50% для трансформаторов мощностью до 630 кВ·А и более 30% для всех остальных трансформаторов.

Все прибывшие трансформаторы независимо от мощности и напряжения подлежат наружной и внутренней ревизии.

Внутренняя ревизия заключается в проверке болтовых креплений, прочности и надежности установки клиньев и запрессовки обмоток, а также отсутствия вмятин и трещин на изоляции, наличия заземления магнитопровода, контактных соединений с вводами, сопротивления изоляции обмоток и стяжных болтов (последнее для трансформаторов до 6 кВ должно составлять 20 МОм, а для трансформаторов свыше 6 кВ — 50 МОм; измерение производится мегомметром 1 000 В).

Подъем сердечника при внутренней ревизии (а также подъем трансформатора) должен производиться только за крюки и скобы, предназначенные для этой цели (указываются заводом-изготовителем).

Температура поднимаемого сердечника должна быть не ниже окружающей (рекомендуется на 5°C выше), а температура в помещении в холодное время года выше наружной на 5—10°C; в дождь и туман поднимать сердечник не рекомендуется. Время пребывания сердечника в воздухе влажностью порядка 60% не должно превышать 24 ч для трансформаторов до 35 кВ и 16 ч для трансформаторов 110 кВ и выше.

После ревизии сердечник обмывается чистым сухим маслом. Избыточное давление струи масла не должно превышать 0,15 кгс/см<sup>2</sup>. Заполнение (доливка) трансформатора маслом производится центрифугой или через фильтрпресс. Температура доливаемого масла не должна отличаться более чем на ±5°C от температуры масла в трансформаторе.

Если после ревизии трансформатор ставится на хранение, необходимо установить на нем расширитель и долить маслом. В период хранения берутся пробы масла, удаляются из расширителя влага и шлам. Фланцы и отверстия радиаторов и арматуры защищаются деревянными заглушками. Детали, предназначенные к установке, замене и т. д., должны храниться в резервуаре с маслом.

Б. Условия необходимости сушки трансформаторов

Для трансформаторов мощностью до 1 800 кВ·А напряжением до 35 кВ, доставляемых в масле с расширителем, сушка не требуется, если:

1) трансформатор прибыл с расширителем, заполненным маслом до нормального уровня, или уровень масла в баке на 100 мм выше верхнего яруса;

2) электрическая прочность масла, взя-

того из нижнего крана, будет не менее 25 кВ для трансформаторов до 20 кВ и 30 кВ для трансформаторов 35 кВ (а также более высокого напряжения);

3) сопротивление изоляции обмоток не отличается в сторону уменьшения более чем на 20% от данных заводских испытаний при той же температуре;

4) ревизия сердечника проведена в сжатые сроки (пребывание сердечника на воздухе не более указанного в § 36-7, А);

5) герметичность бака не нарушена, расширитель установлен, и в трансформатор долито масло немедленно по прибытии. Для трансформаторов напряжением 35 кВ, доставляемых в масле без расширителя, сушка не требуется, если помимо пп. 1—5 выполнены следующие условия:

6) в трансформаторе, нагретом до 60—80 °С, уменьшение электрической прочности будет не более чем на 15%, а снижение сопротивления изоляции каждой из обмоток не более 20% по сравнению с заводскими данными при той же температуре;

7) отношение емкости, измеренной при 70—80 °С, к емкости при 15—20 °С не превышает 1,3;

8) угол потерь обмоток ( $\text{tg } \delta$ ) не отличается более чем на 20% от величины, указанной в протоколе заводских испытаний при той же температуре.

Для трансформаторов, доставляемых под вакуумом или заполненными воздухом или азотом, сушка не требуется, если помимо пп. 1—8 выполнено также условие:

9) электрическая прочность масла, взятого из нижнего крана спустя 24 ч после заливки, снизится не более чем на 15% по сравнению с электрической прочностью до заливки (масло заливается чистое, сухое).

В последнем случае для трансформаторов до 35 кВ до 1800 кВ·А измерение тангенса угла диэлектрических потерь не обязательно.

Температура масла трансформатора при взятии пробы должна быть не ниже +10 °С.

Электрическая прочность проверяется в стандартном разряднике с расстоянием между электродами 2,5 мм.

Кроме выполнения указанных условий, в полученных с завода трансформаторах, включаемых без сушки выемной части, должны быть удалены все временные уплотнения и заглушки, а именно:

1) набивка в маслоуказателе под колпачком и в боковых вырезах верхней части стекла;

2) эластичная шайба под колпачком пробки расширителя, пакля в верхнем отверстии пробки дыхания и деревянная пробка в трубке дыхания;

3) заглушки на аварийных спускных ventилях;

4) заглушки на выхлопной трубе;

5) эластичная шайба на медной сетке в нижней части грязевика расширителя.

Должна быть проверена также способность расширителя с баком трансформатора, расширителя с маслоуказателем, пра-

Таблица 36-19

**Предельные значения отношения  $C_2 : C_{50}$  и тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторов при разных температурах при испытаниях**

Температура, °С	Для трансформаторов с высшим напряжением 35 кВ и менее		Для трансформаторов с высшим напряжением более 35 кВ	
	$C_2 : C_{50}$	$\text{tg } \delta, \%$	$C_2 : C_{50}$	$\text{tg } \delta, \%$
10	1,2	2,5	1,1	2,0
20	1,3	3,5	1,2	2,5
30	1,4	5,5	1,3	4,0
40	1,5	8,0	1,4	6,0
50	1,6	11	1,5	8,0
60	1,7	15	1,6	12
70	1,8	20	1,7	16

вильность показания уровня масла в расширителе и газовом реле и т. д.

Если какие-либо из вышеперечисленных условий не выполнены, то решение о необходимости сушки сердечника для трансформатора любой мощности напряжением 20 кВ и выше, а также мощностью 3200 кВ·А и выше, напряжением до 20 кВ принимается на основании испытаний, перечисленных ниже.

1. Отношение емкостей при частоте 2 и 50 Гц ( $C_2 : C_{50}$ ) не должно превышать значений, указанных в табл. 36-19.

2. Угол диэлектрических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) не должен превышать значений, указанных в табл. 36-19.

Если эти два показателя не укладываются в норму, проводятся дополнительные испытания и вопрос о сушке решается на основании следующих данных.

3. Отношение емкостей при температуре обмоток 70 и 20 °С ( $C_{70} : C_{20}$ ) и частоте 50 Гц должно быть не менее 1,3.

4. Сопротивление изоляции, измеренное в условиях монтажа при температуре обмоток 70 °С, не должно быть ниже измеренного при той же температуре на заводе более чем на 20%.

Если  $\text{tg } \delta$  не укладывается в норму, а остальные показатели лежат в допустимых пределах, сушку производить не следует.

Отказ от сушки сердечника трансформатора после капитального ремонта может последовать при соблюдении следующих условий:

1. Если время пребывания выемной части в воздухе влажностью до 70% не превышает 24 ч для трансформаторов 35 кВ и ниже, и 16 ч для трансформаторов 110 кВ.

2. Если измеренные до и после ремонта при одинаковой температуре:

а) сопротивление изоляции (одноминутное значение) понижается не более чем на 40%;

б) отношение  $C_2 : C_{50}$  возрастает не более чем на 5%;

в)  $\text{tg } \delta$  возрастает не более чем на 30%.

Таблица 36-20

## Ориентировочные значения сопротивления изоляции обмоток трансформатора

Т, °С	Сопротивление изоляции, МОм. при напряжении		
	до 10 кВ	20—35 кВ	110 кВ
10	900	1200	2400
20	450	600	1200
30	225	300	600
40	120	155	315
50	64	83	165
60	36	50	100
70	19	27	50
80	12	15	30
90	8	9	20
100	5	6	12

В случае, если эти относительные величины имеют повышенные отклонения, но их абсолютные значения не превышают данных табл. 36-19 и 36-20, сушка сердечника трансформатора после капитального ремонта также может не производиться.

Абсолютное значение сопротивления изоляции обмоток не нормируется и не является решающим фактором. Одним из основных показателей состояния изоляции трансформатора служит снижение величины сопротивления изоляции, измеренной при температуре в условиях монтажа, по сравнению с величиной, измеренной на заводе при той же температуре. Это снижение не должно превышать 20—30%.

Оценка состояния изоляции должна производиться по комплексу характерных величин: сопротивления изоляции, угла потерь и емкости обмоток.

## В. Сушка изоляции трансформаторов

Для всех трансформаторов могут быть применены следующие способы сушки изоляции:

1) в собственном баке с подогревом по методу потерь в стали с применением или без применения вакуума;

2) в вакуум-шкафу с подогревом паровыми радиаторами.

Для трансформаторов до 5 600 кВ·А напряжением до 35 кВ также применяется сушка:

3) током нулевой последовательности;

4) в камере без вакуума с подогревом воздушными или паровыми радиаторами.

Основным показателем окончания сушки трансформатора при всех способах сушки является установившееся в течение 6—8 ч сопротивление изоляции между обмотками и на корпус при температуре не ниже 80 °С (в начале сушки сопротивление изоляции несколько снижается, а затем повышается до установившейся величины).

1. Сушка изоляции трансформатора в собственном баке без масла с нагревом по способу

потерь в стали. Внешняя поверхность бака трансформатора утепляется листами асбеста или стеклоткани, после чего накладывается намагничивающая обмотка (на гладкие баки примерно до половины высоты бака).

Применяется провод с асбестовой изоляцией марки ПДА или ему подобный.

Мощность, необходимая для сушки, определяется по формулам:

для утепленного трансформатора

$$P = 5F(100 - \theta) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

для неутепленного трансформатора

$$P = 12F(100 - \theta) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

где  $F$  — поверхность бака трансформатора, м<sup>2</sup>;  $\theta$  — окружающая температура, °С.

Удельный расход мощности

$$p = \frac{P}{F_0}$$

где  $F_0$  — поверхность части бака, на которой размещается намагничивающая обмотка, м<sup>2</sup>.

По удельной мощности из табл. 36-21 определяются необходимые удельные ампер-витки  $aw$  на 1 см высоты бака и коэффициент  $A$ . По этим данным определяется необходимое число витков намагничивающей обмотки  $w$  и ток  $I$ :

$$w = \frac{AU}{l}; \quad I = \frac{awh}{w} 10^2, \text{ А},$$

где  $U$  — напряжение, подводимое к обмотке, В;  $l$  — периметр той части бака, на которой размещена намагничивающая обмотка, м;  $h$  — высота той же части бака, м.

Перед включением намагничивающей обмотки с внутренних поверхностей тщательно удаляется масло.

Таблица 36-21

## Данные для определения числа витков намагничивающей обмотки (для трансформаторов III и IV габаритов с толщиной стенок бака 6 мм и выше)

$P$ , кВт/м <sup>2</sup>	$F$ , А	$I$ , А	$P$ , кВт/м <sup>2</sup>	$F$ , А	$I$ , А
0,75	19,5	2,33	1,8	39,6	1,59
0,8	20,5	2,26	1,9	41,0	1,56
0,85	22,0	2,18	2,0	42,5	1,54
0,9	23,5	2,12	2,1	43,5	1,51
0,95	24,5	2,07	2,2	44,5	1,49
1,0	25,4	2,02	2,3	45,8	1,46
1,05	26,7	1,97	2,4	46,9	1,44
1,1	28,0	1,92	2,5	48,0	1,42
1,15	29,0	1,88	2,6	49,1	1,41
1,2	30,0	1,84	2,7	50,2	1,39
1,25	31,0	1,81	2,8	51,3	1,38
1,3	31,8	1,79	2,9	52,3	1,36
1,35	32,5	1,77	3,0	53,3	1,34
1,4	33,5	1,74	3,25	56,0	1,31
1,45	34,5	1,71	3,5	58,2	1,28
1,5	35,5	1,68	3,75	60,6	1,25
1,6	36,5	1,65	4,0	63,2	1,22
1,7	38,0	1,62			

Таблица 36-22

## Режим сушки трансформатора в собственном баке с нагревом по способу потерь в стали

Наименование операции	Температура, °С		Вакуум внутри бака, мм рт. ст.	Продолжи- тельность операции, ч
	бака	обмоток		
Равномерный подогрев трансформатора на 5—7 °С/ч	До 100	До 80	0	10—16
Прогрев обмоток при постоянном повышении вакуума	120	90	150	3—5
Прогрев и сушка: вакуум повышается ступенями по 5 см/ч до предела	120	90	См. табл. 36-23	6—7
Сушка при постоянных вакууме и температуре	120	90		30—90
Замеры для определения окончания сушки	120	90		6—8
Равномерное снижение температуры на 5 °С/ч (отключение намагничивающей обмотки)	—	До 55—60		10—12
Заполнение бака трансформатора чистым сухим маслом, подогретым до 50—55 °С, и пропитка изоляции маслом	—	50	100—150	10—15
Охлаждение сердечника	—	Выше окру- жающей среды на 5—10° С	0	8—12
Ревизия сердечника	—		0	8—12
Вакуумирование трансформатора после ревизии	—		150	3—4
	—			

Таблица 36-23

## Допустимый вакуум для бака трансформатора

Конструкция бака и радиаторов	Вакуум, мм рт. ст.
Волнистый бак	200
Пластинчатые радиаторы	200
Трубчатые радиаторы	300—350
Гладкий бак без радиаторов	300—350
Бак, имеющий специальные ребра жесткости	550

Температура в баке регулируется путем периодических отключений намагничивающей обмотки или частичным снятием теплоизоляции в верхней части (на крышке) трансформатора.

Перепад температур между сердечником и стенкой бака свыше 10 °С допускать не рекомендуется (большой перепад указывает на недостаточное утепление бака трансформатора).

Если сушка трансформатора производится без вакуума, рекомендуется продувать через него подогретый воздух. При сушке под вакуумом производительность вакуум-насоса 1,5—4 м³/ч.

Режим сушки трансформаторов 1—15 МВ·А приведен в табл. 36-22 и 36-23.

2. Сушка трансформатора током нулевой последовательности. Обмотка высшего напряжения трансформатора должна быть разомкнута. Если обмотка низшего напряжения соединена в звезду, то выводы *abc* соединяются между собой и однофазное напряжение подается к этим выводам и нулевой точке обмотки низшего напряжения. Если обмотка низшего напряжения соединена в тре-

угольник, то треугольник размыкается в одной точке и напряжение подводится к освободившимся клеммам.

При сушке измеряются ток в цепи и температура бака, обмоток и магнитопровода (не выше 95—105 °С). В баке должна быть обеспечена постоянная циркуляция воздуха для удаления выделяющихся паров влаги и эмульсии.

Напряжение и мощность, подводимые к выводам обмотки низкого напряжения, определяются по формулам: при соединении в звезду

$$U_0 = \sqrt{S_0 z_0} = \sqrt{\frac{\Delta P_a (3 \div 3,5) U_\phi \mu_k}{I_\phi \cos \varphi_0 \cdot 100}} \text{ В;}$$

при соединении в треугольник

$$U_0 = \sqrt{S_0 z_0} \text{ В;}$$

$$S_0 = \frac{\Delta P_a}{\cos \varphi_0},$$

где  $U_\phi$  — номинальное фазное напряжение обмотки НН, В;  $I_\phi$  — номинальный фазный ток, А;  $z_0$  — полное сопротивление нулевой последовательности ( $z_0 = z/3$ ), Ом;  $\mu_k$  — напряжение к. з. трансформатора, %;  $\Delta P_a$  — активные потери в трансформаторе, Вт (если не известна каталожная величина, принимаемая 2—3% номинальной мощности);  $\cos \varphi_0 = 0,45 \div 0,6$  — коэффициент мощности схемы нулевой последовательности.

3. Сушка изоляции трансформатора в камере с нагревом воздуходувками. Режим сушки приведен в табл. 36-24.

При отсутствии вакуум-насоса удаление воздуха из сердечника может быть до-



Таблица 36-24

## Режим сушки изоляции трансформаторов в камере с нагревом воздушодувками

Наименование операций	Температура воздуха, °С		Температура обмоток, °С	Продолжительность операции, ч
	на входе	на выходе		
Равномерный подогрев сердечника и камеры	80—85	50—60	До 40	4—6
Подогрев сердечника	105—110	85—90	До 85	10—20
Сушка изоляции	100—105	90—100	90—95	40—80
Определение момента окончания сушки	100—105	90—100	90—95	6—8
Постепенное охлаждение сердечника	100—70	90—60	До 60	8—12
Установка сердечника в собственный бак и пропитка изоляции в горячем масле (подогревается предварительно до 40—50 °С)	—	—	60	10—16
Ревизия сердечника	—	—	Выше окружающей на 5—10° С	6—8
Вакуумирование в собственном баке с маслом (для трансформаторов 20 кВ и выше), вакуум 110—150 мм рт. ст.	25—40	—	—	4—6

стигнуто путем установки полностью собранного трансформатора на 48 ч в наклонном положении с уклоном крышки в сторону, обратную от расширителя, на 7—10°. При этом обмотки подогреваются током к. з. до температуры 50—60 °С и обеспечивается свободный выход воздуха из трансформатора.

Схема установки приведена на рис. 36-23.

Количество воздуха  $Q_v$ , м<sup>3</sup>/мин, прогоняемого через камеру в 1 мин, в 1,5 раза больше объема камеры. Необходимая для нагрева воздуха мощность печей

$$P = 0,07Q_v C_p (\vartheta_2 - \vartheta_1), \text{ кВт},$$

где  $C_p = 0,273 \text{ ккал/кг}$  — теплоемкость воздуха;  $\vartheta_1$  — температура окружающего воздуха, °С;  $\vartheta_2$  — температура воздуха, входящего в камеру, °С.

На всасывающем патрубке воздушодувки устанавливается матерчатый фильтр, а

на выхлопном — искроуловитель и металлическая сетка.

Струя горячего воздуха не должна направляться на части трансформатора.

Г. Сборка трансформатора после сушки

После сушки производится ревизия и расклиновка обмотки, проверка сопротивления изоляции стяжных болтов магнитопровода, подтягивание болтовых креплений высушенных деревянных, фибровых и других деталей. Температура сердечника при ревизии должна быть на 5—10 °С выше окружающей, а время пребывания на воздухе — не превышать значений, приведенных в § 36-7, А.

Производится ревизия и монтаж вводов (§ 36-12, Б).

После установки вводов через смотровые люки проверяется расстояние токопро-

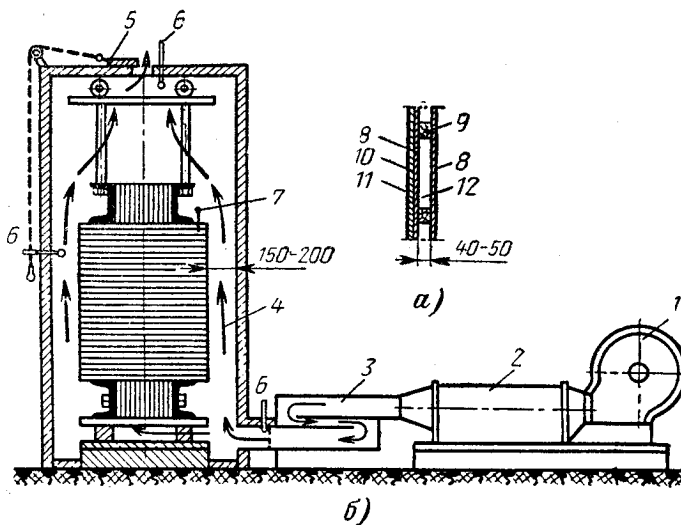


Рис. 36-23. Сушка трансформатора воздушодувкой.

а — стенка утепленной камеры; б — схема установки; 1 — вентилятор; 2 — нагревательная печь; 3 — искроуловитель; 4 — утепленная камера; 5 — регулировочный штифт; 6 — термометр; 7 — проводники от термопары, уложенной в обмотку; 8 — фанера толщиной 6 мм; 9 — деревянный брус 50×50 мм; 10 — слой асбеста или стеклоткани толщиной 8—10 мм; 11 — лист кровельной стали или сетка с размером ячейки 50×50 мм; 12 — воздушная прослойка.

вода до заземленных деталей (установку вводов см. на рис. 14-43).

Контактные кольца переключающего механизма во время ревизии ставятся в первое положение. Правильно собранный переключатель при поворотах четко фиксирует положение указателя на соответствующих цифрах. Непосредственно после наладки переключателя на всех ступенях проверяется коэффициент трансформации.

Поплавки газового реле и гильзы теплоприемников для термометров испытываются предварительно в лаборатории на герметичность.

Затягивание болтов на фланцах, где применена маслупорная резина, прекращается после сжатия резины примерно до половины ее первоначальной толщины (прокладки, используемые при сушке, заменяются).

Масло в трансформатор доливаается с помощью центрифуги или фильтр-пресса через расширитель. Температура доливаемого масла не должна отличаться от температуры масла в трансформаторе более чем на  $\pm 5^\circ\text{C}$ . При заливке или доливке масла для выпуска воздуха из трансформатора необходимо открыть верхний кран на крышке газового реле, отвернуть контрольные пробки и болты на крышке трансформатора, на головках вводных изоляторов, на надставке высоковольтного ввода, в верхней части выхлопной трубы, на верхних коллекторах патрубков радиаторов. По мере выхода воздуха и появления масла из отверстий они закрываются.

После сборки трансформаторов мощностью более 7500 кВ·А и напряжением 110 кВ и выше необходимо произвести контрольный прогрев обмоток. Подогрев ведется по методу короткого замыкания с доведением температуры верхних слоев масла до  $60^\circ\text{C}$  и применением вакуума 100—150 мм рт. ст. Во время прогрева без вакуума для выпуска воздуха периодически открываются верхние контрольные пробки трансформатора.

Все другие трансформаторы до включения выдерживаются в теплом помещении в течение 48 ч.

В процессе установки на фундамент сторона трансформатора, к которой присоединяется расширитель, должна быть

приподнята. С этой целью под катки со стороны расширителя кладутся стальные пластинки толщиной 10—20 мм.

Маслопровод, соединяющий расширитель с трансформатором, выполняется без крутых изгибов и должен иметь подъем от трансформатора в сторону расширителя 2—4%. Газовое реле устанавливается горизонтально, а его стрелка должна быть направлена в сторону расширителя.

Если на горизонтальном участке патрубка, соединяющего газовое реле с расширителем, установлен вентиль или обычный кран, подъем этого патрубка в сторону расширителя должен составлять 4—5%.

Присоединенные шины не должны создавать изгибающих усилий на вводных изоляторах. Для компенсации температурных удлинений и улругих деформаций (при осадках фундаментов) присоединенных шин ставятся компенсаторы или делается соответствующий изгиб шины.

Д. Приемка трансформатора из монтажа. Приемосдаточные испытания. Фазировка

На баках трансформаторов должны быть сделаны надписи, указывающие мощность и порядковые подстанционные номера трансформаторов, а также указана расцветка фаз.

Перед вводом в эксплуатацию трансформатор должен быть испытан и сфазирован с шинами распределительного устройства, подведенным кабелем и работающим трансформатором.

Все силовые трансформаторы, а также автотрансформаторы, масляные реакторы и дугогасящие катушки испытываются в следующем объеме:

1. Определение условий включения трансформаторов без сушки (§ 36-7, Б).
2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Величины испытательных напряжений изоляции обмоток вместе с вводами приведены в табл. 36-25. Эти напряжения на 10% ниже заводских испытательных. Длительность испытаний 1 мин. Изоляция доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок производится в случае осмотра активной части напряжением 1 кВ течение 1 мин.

Таблица 36-25

## Испытание напряжения промышленной частоты для обмоток трансформаторов

Объект испытания	Величина испытательного напряжения (кВ) при номинальном напряжении испытуемой обмотки, кВ									
	менее 3	3	6	10	15	20	35	110	150	220
Силовые трансформаторы, дугогасящие катушки и т. п. с нормальной изоляцией и вводами, рассчитанными на номинальное напряжение . . . . .	4,5	16	22	31	40	49	76	180	247	360
Силовые трансформаторы с облегченной изоляцией (в том числе сухие трансформаторы) . . . . .	2,7	9	14	21	33	—	—	—	—	—

3. Измерение сопротивления постоянному току обмоток. Сопротивление не должно отличаться более чем на 2% от средней величины сопротивления, полученной на том же ответвлении других фаз, или от заводских данных.

4. Измерение тока холостого хода при номинальном напряжении (не нормируется).

5. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Круговая диаграмма не должна отличаться от требований заводских инструкций.

6. Осмотр и проверка устройств охлаждения.

7. Проверка целостности заземления ярмовых балок, прессирующих колец и магнитопровода.

8. Фазировка трансформатора (см. ниже).

9. Испытание включением толчком на номинальное напряжение (3—5 раз).

10. Испытание вводов (§ 36-14, Г).

11. Испытание встроенных трансформаторов тока (§ 36-14, Д).

12. Испытание трансформаторного масла (§ 36-9, Б).

Фазировка трансформатора заключается в проверке совпадения по фазе и величине векторов вторичных напряжений у двух трансформаторов, присоединенных с первичной стороны к одной и той же сети (либо вектора вторичного напряжения трансформатора с вектором напряжения существующей сети того же номинального напряжения).

Фазировка производится после монтажа нового трансформатора, после смены обмоток трансформатора, после перестановки трансформатора, после прокладки (или замены) кабеля к трансформатору или ошиновки трансформатора.

До начала фазировки трансформаторов должно быть установлено:

- 1) что группы соединений из обмоток идентичны;
- 2) что разница их вторичных напряжений не превосходит 10%.

Для определения группы трансформатора к зажимам *AB* (затем *BC* и *CA*) высшего напряжения подается импульсами постоянный ток от батареи 2—4 В (рис. 36-24). На зажимах *ab*, *bc* и *ca* обмотки низшего напряжения прибором посто-

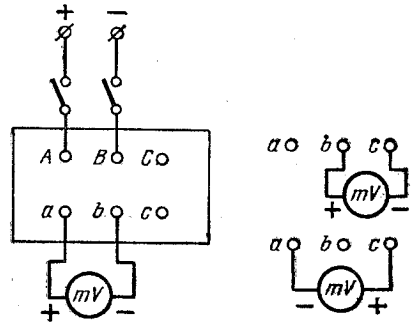


Рис. 36-24. Схема для определения группы соединения обмоток трансформатора.

янного тока (гальванометром, магнитоэлектрическим милливольтметром и т. п.) измеряется знак наводящегося импульса. Зажим «+» прибора подключается к зажиму обмотки низшего напряжения, указанному первым. Полученные результаты сводятся в таблицу. Положительное отклонение прибора при включении рубильника на стороне высшего напряжения обозначается знаком «+», отрицательное — знаком «-», отсутствие отклонения нулем. Группа соединений трансформатора определяется по табл. 36-26.

### 36-8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

#### А. Общие положения

Смонтированные трансформаторы, в том числе и резервные, должны постоянно

Таблица 36-26

Определение группы соединения обмоток трансформаторов (рис. 36-22)

Напряжение приложено к зажимам	Знак отклонения прибора, подключенного к зажимам			Группа соединения	Напряжение приложено к зажимам	Знак отклонения прибора, подключенного к зажимам			Группа соединения
	<i>ab</i>	<i>bc</i>	<i>ca</i>			<i>ba</i>	<i>bc</i>	<i>ca</i>	
<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	+	-	+	12	<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	-	+	-	6
	-	+	+			+	-	-	
	+	+	+			-	-	-	
<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	+	-	0	11	<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	-	+	0	5
	0	+	+			0	-	-	
	+	0	+			-	0	-	
<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	+	0	+	1	<i>AB</i> <i>BC</i> <i>CA</i>	-	0	-	7
	-	+	+			+	-	-	
	0	+	+			-	-	-	

содержаться в состоянии готовности включения в работу.

Трансформаторы с естественным масляным и дутьевым охлаждением могут включаться в работу с полной нагрузкой при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и выше, хотя бы и с застывшим маслом. При температуре ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  следует прогреть трансформатор током холостого хода или током нагрузки не более 50% номинальной до температуры  $-40^{\circ}\text{C}$ , после чего увеличить нагрузку.

Принудительная циркуляция масла в системе охлаждения трансформатора должна осуществляться непрерывно вне зависимости от величины нагрузки. Для трансформаторов с принудительным охлаждением допускаются аварийные режимы работы с прекращением циркуляции масла или воды либо при остановке вентиляторов дутья. Длительность таких режимов устанавливается местными инструкциями в соответствии с результатами испытаний или заводскими данными.

При включении масловодяного охлаждения трансформаторов сначала включается масляный насос, а затем водяной. Водяной насос пускается при температуре масла не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ . При отключении сначала отключается водяной насос, а затем масляный. Давление масла в маслоохладителях должно превышать давление пропускаемой через них воды.

Осмотр трансформаторов без их отключения производится в установках с постоянным дежурным персоналом 1 раз в сутки, а в установках без постоянного дежурного персонала — не реже 1 раза в месяц (на трансформаторных пунктах допускается осмотр не реже 1 раза в 6 мес.).

При резком изменении температуры наружного воздуха и после каждого отключения трансформатора от газовой или дифференциальной защиты осмотры производятся вне очереди.

При осмотре трансформаторов должны быть проверены:

- а) показания термометров и мановакуумметров;
- б) состояние кожухов трансформаторов и отсутствие течи масла, соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке и наличие масла в маслонаполненных вводах;
- в) состояние маслоохладяющих и маслосборных устройств, состояние изоляторов;
- г) состояние ошиновки и кабелей, отсутствие нагрева контактных соединений;
- д) исправность сигнализации и пробивных предохранителей;
- е) состояние сети заземления;
- ж) состояние маслоочистительных устройств непрерывной регенерации масла, термосифонных фильтров и влагопоглощающих патронов;
- з) состояние трансформаторного помещения.

Вывод трансформатора из работы необходим при обнаружении:

а) сильного неравномерного шума и потрескивания внутри трансформатора;

б) ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформатора при нормальных нагрузке и охлаждении;

в) выброса масла из расширителя или разрыва диафрагм выхлопной трубы;

г) течи масла с понижением уровня его ниже уровня масломерного стекла;

д) при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

Текущие ремонты трансформаторов с их отключением производится на центральных распределительных подстанциях по местным инструкциям, но не реже 1 раза в год; в местах усиленного загрязнения — по местным инструкциям; всех остальных трансформаторов — по мере необходимости, но не реже 1 раза в 3 года.

Для трансформатора, имеющего переключатель регулирования напряжения под нагрузкой, производится внеочередной ремонт регулирующего устройства после определенного количества операций по переключению в соответствии с указаниями, приводимыми в заводских инструкциях.

Капитальные ремонты трансформаторов подстанций с осмотром сердечника производятся первый раз не позже чем через 6 лет после включения в эксплуатацию, в дальнейшем — по мере необходимости в зависимости от результатов измерений и состояния трансформатора в сроки, установленные лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия. Остальные трансформаторы выводятся в капитальный ремонт по результатам испытаний.

## Б. Перегрузки трансформаторов

В ремонтных или аварийных режимах работы системы электроснабжения при наличии подвижного резерва трансформаторов допускается перегрузка маслонаполненных трансформаторов и автотрансформаторов до 40% сверх номинальной во время максимумов общей суточной продолжительностью не более 6 ч в течение не более 5 суток, если коэффициент заполнения суточного графика нагрузки трансформатора ( $K_{з.г.}$ ) в условиях его перегрузки не превышает 0,75:

$$K_{з.г.} = \frac{I_{ср.сут}}{I_m} \leq 0,75,$$

где

$$I_{ср.сут} = \frac{\mathcal{E}_{а.сут} \cdot 1000}{U_n \cos \varphi \cdot 24}, \text{ А.}$$

$\cos \varphi$  — среднесуточный коэффициент мощности;  $\mathcal{E}_{а.сут}$  — суточный расход активной электроэнергии, определяемый по счетчику, кВт·ч;  $I_m$  — максимальный ток за сутки (точнее, расчетный ток  $I_p$ , см. разд. 2).

При коэффициенте заполнения суточного графика нагрузки ( $K_{з.г.}$ ) более 0,75

Таблица 36-27

## Допустимая перегрузка трансформаторов в аварийных случаях

Кратность перегрузки по току		1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,75	2,0
Допустимая длительность, мин	Маслонаполненные	—	120	90	70	45	20	10
	Сухие	60	45	32	18	5	—	—

допустимая перегрузка трансформатора ( $K_n$ ) определяется по формуле

$$K_n = \sqrt{\frac{1,1}{K_{3,r}}}$$

В аварийных случаях допускается повышенная перегрузка в течение ограниченного периода времени (табл. 36-27). Эта перегрузка допускается независимо от предшествующего режима и температуры охлаждающей среды при всех системах охлаждения.

Помимо аварийных перегрузок допускается длительная перегрузка трансформатора за счет его недогрузки в другое время. Допустимая длительная перегрузка определяется однопроцентным и трехпроцентным правилами.

Однопроцентное правило: если в летнее время среднemaxимальная (расчетная) нагрузка меньше номинальной мощности трансформатора, допускается перегрузка в зимнее время 1% на каждый процент недогрузки летом, но всего не более 15%.

Трехпроцентное правило: если коэффициент заполнения суточного графика меньше 100%, то на каждые 10% снижения коэффициента заполнения допускается перегрузка 3% сверх номинальной мощности трансформатора.

Суммарная перегрузка за счет летней и суточной недогрузки не должна превышать 30%, а для трансформаторов, установленных внутри помещений, — 20%.

Значения допустимых перегрузок силовых трансформаторов в различных режимах работы могут быть определены из графиков рис. 36-25.

Для контроля за максимальной нагрузкой трансформатора устанавливаются амперметры (17-2). Все маслонаполненные трансформаторы, оборудованные расширителем, должны иметь термометры для измерения температуры масла.

Для каждого трансформатора на основе заводских данных определяется максимально допустимая температура верхних слоев масла. В частности, для трансформаторов без принудительной циркуляции масла эта температура не должна быть +95 °С.

Трансформаторы с дутьевым охлаждением допускают работу с отключенным

дутьем, если температура верхних слоев масла не более 55 °С, а нагрузка — не более 100% номинальной мощности трансформатора.

Наилучший контроль за нагрузкой трансформатора обеспечивает измерение температуры меди. Термопара (или другой термоматчик) устанавливается на термокопию обмотки, представляющую собой короткозамкнутый виток (катушку из нескольких витков) из того же материала, что и обмотка; он устанавливается не на сердечнике и охватывается лишь потоками рассеяния. Ток в термокопии обмотки пропорционален току в обмотке. Выбор сечения и длины термокопии обеспечивают равенство ее температуры температуре обмотки при любом токе нагрузки.

Для трансформаторов допускается длительное повышение первичного напряжения не более чем на 5% напряжения, соответствующего данному ответвлению.

#### В. Параллельная работа трансформаторов

Параллельная работа трансформаторов допускается при условии, если:

а) группы соединений их обмоток одинаковы;

б) соотношение между номинальными мощностями не более 3:1;

в) коэффициенты трансформации равны или отличаются не более чем на 5%;

г) напряжения короткого замыкания различаются не более чем на 10% среднего арифметического значения напряжения короткого замыкания всех включаемых на параллельную работу трансформаторов.

Перед включением трансформаторов должна быть произведена их фазировка (§ 36-7, Д).

Для выравнивания нагрузки между параллельно работающими трансформаторами с различными напряжениями короткого замыкания допускается в небольших пределах изменение коэффициента трансформации путем переключения ответвлений при условии, что при этом ни один из трансформаторов не будет перегружен.

#### Г. Испытания трансформаторов, находящихся в эксплуатации

При всех видах ремонтов, но не реже 1 раза в год для трансформаторов под-

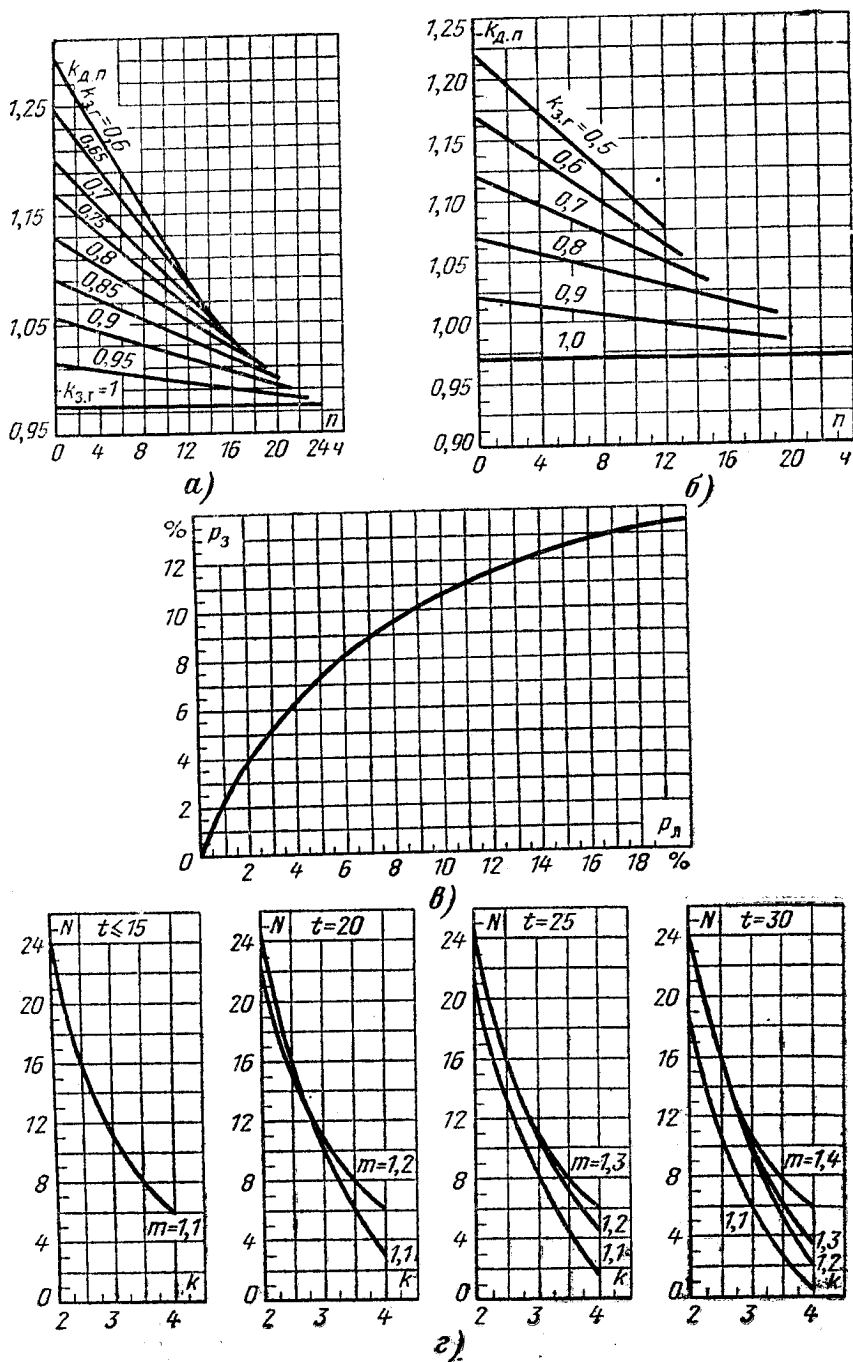


Рис. 36-25. Допустимые перегрузки силовых трансформаторов.

а — перегрузка масляных трансформаторов ( $k$ ) в зависимости от длительности ее применения ( $n$ ) для разных коэффициентов заполнения графика нагрузки ( $k_{з.г}$ ); б — то же для сухих трансформаторов с естественным воздушным охлаждением; в — перегрузка масляных трансформаторов зимой ( $p_3$ ) за счет недогрузки летом ( $p_n$ ); г — допустимое число пусков за сутки мощных электродвигателей ( $N$ ) в зависимости от кратности их пускового тока по отношению к номинальному току трансформатора ( $K$ ), длительности пуска ( $t$ ) и отношения мощности установленного трансформатора к требуемой без учета пусков ( $m$ ).

Таблица 36-28

**Заводские испытательные напряжения промышленной частоты для обмоток трансформаторов**

Объект испытания	Заводские испытательные напряжения (кВ) при номинальном напряжении испытываемой обмотки, кВ										
	до 3	3	6	10	15	20	35	60	110	150	220
Силовые трансформаторы, дугогасящие катушки и т. п. с нормальной изоляцией и вводами, рассчитанными на номинальное напряжение . . . . .	5	18	25	35	45	55	85	125	200	275	400
Силовые трансформаторы с облегченной изоляцией и сухие . . . . .	3	10	15	24	27	—	—	—	—	—	—

станций и не реже 1 раза в 3 года для других трансформаторов производятся следующие испытания:

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток с определением отношения  $R_{60}:R_{15}$  (показания мегомметра соответственно через 15 и 60 с после начала измерения; § 17-11). Измерение производится как до ремонта, так и после окончания его. Величина сопротивления не нормируется, но учитывается при комплексном рассмотрении результатов измерения, причем  $R_{60}:R_{15}$  не должно снижаться за время ремонта более чем на 30%.

2. Испытание трансформаторного масла. Предельные допустимые величины показателей качества трансформаторного масла приведены в § 36-9, Б.

В зависимости от местных условий испытания по пп. 1—2 могут производиться и чаще. Сроки межремонтных профилактических испытаний устанавливаются ответственным за электрохозяйство.

При капитальных ремонтах, а по указанию ответственного за электрохозяйство и в межремонтные периоды производятся следующие испытания:

3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток всех видов трансформаторов (а также масляных реакторов), имеющих обмотку высшего напряжения 110 кВ и выше и мощность 31,5 МВ·А и выше. Производится как до начала капитального ремонта, так и после него. Величина тангенса угла диэлектрических потерь не должна за время ремонта возрасти более чем на 30% (измерения производятся при одной и той же температуре обмоток) или должна находиться в пределах значений табл. 36-19 (§ 36-7, Б).

4. Испытание вводов (§ 36-16, Г).

5. Испытание встроенных трансформаторов тока (§ 36-16, Г).

Помимо указанных испытаний при капитальных ремонтах выполняются следующие испытания:

6. Определение условий включения трансформатора без сушки (см. § 36-7, Б).

7. Измерение сопротивления изоляции

яровых балок, прессующих колец и доступных стяжных шпилек. Производится мегомметром на напряжение 1 000—2 500 В. Величина сопротивления не нормируется.

8. Определение отношения емкости  $C_2:C_{50}$  при частоте 2 и 50 Гц. Производится как до начала ремонта, так и после его окончания. Величина его не должна увеличиваться более чем на 10% от измеренной ранее или должна находиться в пределах значений табл. 36-19 (§ 36-7, Б).

9. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Изоляция обмоток вместе с вводами испытывается в течение 1 мин. При капитальном ремонте с полной сменой обмоток и изоляции трансформаторы всех типов, а также масляные реакторы и дугогасящие катушки испытываются напряжением, равным заводскому испытательному напряжению (табл. 36-28).

При частичном ремонте величина испытательного напряжения снижается на 10% (принимается в соответствии с табл. 36-25), а если обмотка не менялась — на 15%.

Испытание изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и яровых балок производится в случае осмотра внешней части напряжением 1 000—2 000 В в течение 1 мин.

10. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится на всех ответвлениях, если специально для этого не требуется выемка сердечника. Сопротивление не должно отличаться более чем на  $\pm 2\%$  от величины, полученной на том же ответвлении других фаз, или от данных предыдущих заводских и эксплуатационных измерений.

11. Измерение коэффициента трансформации. Производится при частичной или полной смене обмоток или при отсутствии паспортных данных на всех трансформаторах мощностью свыше 630 кВ·А и на всех ответвлениях у трансформаторов, имеющих устройство для переключения ответвления под нагрузкой. Значение коэффициента трансформации не должно отличаться более чем на 2% от коэффициента

трансформации, полученного на том же ответвлении на других фазах, или от заводских данных.

12. Проверка группы соединений трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов (§ 36-7, Г) производится при ремонтах с частичной или полной сменой обмоток. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке.

13. Фазировка трансформаторов (§ 36-7, Г).

14. Измерение тока и потерь холостого хода (не нормируется).

15. Проверка срабатывания переключающего устройства и определение давления контактов (согласно заводским инструкциям).

16. Снятие круговой диаграммы (не должна отличаться от ранее снятой).

17. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением в течение 1 ч при температуре масла не ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ . Высота столба масла над уровнем заполненного расширителя принимается для трубчатых и гладких баков 0,6 м, для баков волнистых или с трубчатыми радиаторами, или с охладителями — 0,3 м. При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла. После испытания производится проверка сообщаемости расширителя с баком путем частичного слива масла.

18. Осмотр и проверка устройства охлаждения (согласно заводским инструкциям).

19. Проверка целостности заземления ярмовых балок, прессующих колец и магнитопровода (в случае осмотра выемной части).

20. Испытание трех — пятикратным включением толчком на номинальное напряжение. При этом не должно наблюдаться явлений, указывающих на неудовлетворительное состояние трансформатора.

Для трансформаторов мощностью до 630 кВ·А включительно не обязательны испытания по пп. 3, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 18.

Для сухих трансформаторов испытания

по пп. 3, 6, 8, 18а; по пп. 10, 11, 12, 14 производятся в зависимости от их мощности и назначения.

## 36-9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

### А. Общие положения

Масло трансформаторов мощностью 160 кВ·А и более, как правило, должно подвергаться непрерывной регенерации, осуществляемой в термосифонных фильтрах или путем периодического присоединения абсорбера. Специальная очистка масла в фильтр-прессах, центрифугах и т. д. (§ 36-9, В) назначается по результатам анализа масла (§ 36-9, Б).

Предприятие, имеющее на балансе маслонаполненное электрооборудование, должно иметь неснижаемый запас изоляционного масла в объеме не менее 110% от емкости аппарата, обладающего наибольшей емкостью.

При расчете общего количества трансформаторного масла необходимо учитывать его расход на доливку и промывку аппаратуры (табл. 36-29, 36-30). Общий годовой расход трансформаторного масла составляет примерно 3,5% общего количества масла во всех маслонаполненных аппаратах и трансформаторах.

Стабилизированное масло не следует смешивать с нестабилизированным.

Допустимость смешения разных масел при доливах его в трансформаторы мощностью 1 000 кВ·А и более, а также свежего и эксплуатационного масел должна подтверждаться лабораторным испытанием на выпадание осадка и стабильность. Смешиваемые масла должны также иметь одинаковую температуру застывания.

Для простейшей проверки на допустимость смешивания в одну колбу наливают по 250 г каждого из предназначенных для смешивания масла и оставляют неподвижно при температуре  $12-15^{\circ}\text{C}$  в течение 12 ч.

В случае отсутствия помутнения смешивание допустимо.

Таблица 36-29

Годовой расход масла на доливку маслонаполненных аппаратов и трансформаторов

Количество масла в аппарате, т	0,05	0,4	0,8	1	2	3	5	7	10	15	25
Годовой расход на доливку, % залитого	5	3,5	2,5	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4

Таблица 36-30

Невозвратимый расход масла на промывку аппаратуры при ревизиях

Количество масла в аппарате, т	До 0,5	1	1,5	2	5 и более
Расход на промывку, % залитого	1	0,6	0,5	0,4	0,3



### Б. Свойства трансформаторного масла

Находящееся в эксплуатации изоляционное масло должно подвергаться полным лабораторным испытаниям после капитальных ремонтов трансформаторов и аппаратов. Сокращенный анализ производится не реже 1 раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами, и 1 раз в год для трансформаторов без термосифонных фильтров.

При повышенных значениях  $\text{tg } \delta$  и  $C_2 : C_{50}$  обмоток и вводов трансформаторов производится измерение  $\text{tg } \delta$  масла, находящегося в данном трансформаторе.

Внеочередная проба масла для определения температуры вспышки должна быть взята из трансформатора при обнаружении горючего газа в газовом реле трансформатора.

В силовых трансформаторах до 63 кВ·А напряжением до 10 кВ и в измерительных трансформаторах напряжением до 20 кВ проба масла не отбирается. Масло заменяется при браковочных показателях по результатам профилактических испытаний изоляции.

Свежее или регенерированное трансформаторное масло непосредственно после заливки его в аппараты должно иметь показатели:

а) электрическая прочность не ниже 25 кВ для аппаратов напряжением до 15 кВ включительно, 30 кВ для аппаратов 15—35 кВ; 40 кВ для аппаратов 60—220 кВ;

б) кислотное число не более 0,02 мг КОН на 1 г масла;

в) реакция водной вытяжки нейтральная;

г) отсутствие механических примесей и взвешенного угля;

д) температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, не ниже 145—150 °С.

Масло должно также удовлетворять всем нормам ГОСТ (см. ниже).

Эксплуатационное изоляционное масло должно удовлетворять следующим нормам:

а) электрическая прочность допускается не более чем на 5 кВ ниже норм, установленных для свежего масла (т. е. 20 кВ для аппаратов напряжением до 15 кВ, 25 кВ для аппаратов 15—35 кВ, 35 кВ — для аппаратов 60—220 кВ);

б) кислотное число не более 0,25 мг КОН;

в) реакция водной вытяжки нейтральная, допускается содержание водорастворимых кислот не более 0,1 мг КОН (0,3 мг КОН для трансформаторов до 630 кВ·А)

г) отсутствие механических примесей (визуально);

д) падение температуры вспышки в трансформаторах не более чем на 5 °С от первоначальной;

е) отсутствие взвешенного угля в мас-

ле из трансформаторов, а из выключателей — незначительное количество;

ж)  $\text{tg } \delta$  для масла трансформаторов при 20 °С не более 2%, при 70 °С — не более 7% (при напряженности электрического поля 1 кВ/мм).

Изоляционное масло в трансформаторах и аппаратах при напряжении электрической прочности, снижении химических показателей или  $\text{tg } \delta$  ниже норм на эксплуатационное масло, а также при обнаружении в масле механических примесей должно быть восстановлено или заменено.

Испытание масла на тангенс угла диэлектрических потерь производится у трансформаторов (в также вводов) 330 кВ и выше либо с повышенным значением  $\text{tg } \delta$  обмоток.

Помимо указанных норм на трансформаторное масло, последнее должно (согласно ГОСТ 982-53) иметь следующие свойства:

вязкость не более 2 °Э (при температуре +50 °С);

температуру вспышки +135 °С;

температуру застывания —45 °С (если масло работает внутри помещений или в районах, где температура воздуха не может опуститься ниже —20 °С, допускается температура застывания —35 °С);

зольность не более 0,005%, а для масла с присадками 0,007%;

отсутствие активной серы;

натровую пробу не более 2 баллов;

отсутствие воды, водорастворимых кислот и щелочей;

прозрачность при температуре +5 °С.

Полный анализ масла производится для новых партий, а также после регенерации.

Электрическая прочность масла проверяется в стандартном разряднике с расстоянием между электродами 2,5 мм.

Проба масла должна отбираться в совершенно чистую посуду и перед испытанием отстаиваться в течение 1—2 ч при комнатной температуре.

### В. Очистка и сушка масла

Термосифонный фильтр применяется для непрерывной регенерации масла в трансформаторах мощностью 1000 кВ·А и более. Реагентом служит силикагель.

В трансформаторах 160—630 кВ·А для непрерывной регенерации масла может применяться поглотительный патрон, устанавливаемый на крышке трансформатора ближе к расширителю. В нижний перфорированный цилиндр вставляется сетка с мешочками силикагеля. На одну зарядку требуется силикагеля 0,5% массы залитого в трансформатор масла. Сетка с силикагелем может выниматься без слива масла из трансформатора.

Стационарные адсорберы производительностью 200 л/ч применяются для регенерации масла в больших трансформаторах.

Силикагель, применяемый в термосифонных фильтрах, патронах и адсорберах, после потери им адсорбирующих свойств восстанавливается обжигом в специальной печи при температуре 500 °С. В процессе обжига силикагель подвергается измельчению. Указанным способом силикагель может восстанавливаться 10—15 раз.

нагнетается в вакуумный бак, остаточное давление в котором 5—15 мм рт. ст. Масло, проходя через наконечник-распылитель, поступает в бак в сильно распыленном виде, вследствие чего происходит механическое отделение воды и газа, которые отсасываются из бака вакуум-насосом. Такая просушка масла через 2—3 ч циркуляции обе-

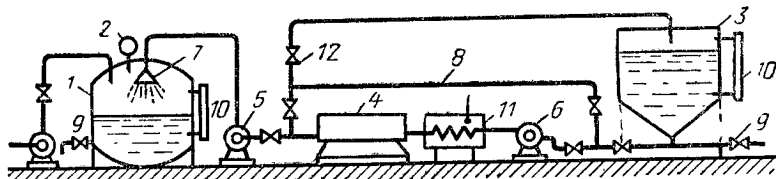


Рис. 36-26. Схема холодной сушки масла.

1 — вакуумный бак; 2 — вакуумметр; 3 — бак сырого масла; 4 — фильтр-пресс (центрифуга); 5 и 6 — насосы; 7 — распылитель; 8 — обходной маслопровод; 9 — лусковой вентиль; 10 — маслоуказатель; 11 — подогреватель масла; 12 — запорный вентиль.

Осушение воздуха дыхательных аппаратов масляных баков и больших трансформаторов производится специальными осушителями. Реагентом является смесь силикагеля и хлористого кальция в отношении 1:4. Индикатором, определяющим степень увлажнения, служит хлористый кобальт (помещается против смотрового окошка).

Фильтр-прессы производительностью 1 500—3 000 л/ч, основанные на прокачивании масла через промокательную бумагу, служат для очистки трансформаторного масла в основном от примесей угля и воды. При очистке от угля рекомендуется поддерживать температуру масла на входе в фильтр-пресс 50—60 °С, а при очистке от воды (или смеси воды и угля) — 20—35 °С.

Центрифуга с барабаном-кларификатором (сепаратор) хорошо очищает масло от растворимого шлама, выпадающего при понижении температуры (температура масла на входе в сепаратор должна быть 20—35 °С).

Смесь воды с нерастворимым шламом удаляется сепаратором либо последовательно соединенными сепаратором и фильтр-прессом (температура масла на входе 20—35 °С). Последовательное соединение сепаратора с фильтр-прессом позволяет очистить масло от смеси угля и нерастворимого шлама (температура масла 50—60 °С) или смеси угля, воды и шлама (температура масла 20—35 °С).

Когда сепаратор и фильтр-пресс соединяются последовательно, первым, как правило, ставится сепаратор. При неудовлетворительном качестве бумаги первым рекомендуется ставить фильтр-пресс.

Очистка масла от воды и газа может быть выполнена холодной сушкой масла (схема на рис. 36-26). Масло, предварительно очищенное от механических примесей (путем отстаивания или центрифугой), под избыточным давлением 2—3 кгс/см<sup>2</sup>

спечивает повышение электрической прочности масла до 40—50 кВ.

При очистке масла и сушки изоляции применяются также воздухоудвки, тепло-воздуходувки и передвижные вакуумные установки.

## 36-10. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

### А. Общие положения

Выбор и установка электродвигателей, пускорегулирующей аппаратуры, контрольно-измерительных приборов, устройств защиты, а также всего электрического и вспомогательного оборудования к ним должны соответствовать требованиям ПУЭ и условиям окружающей среды.

На электродвигателях и на приводимых ими механизмах наносятся стрелки, указывающие направление вращения. На пускорегулирующих устройствах отмечаются положения «пуск» и «стой».

Выключатели, контакторы, магнитные пускатели, рубильники, пускорегулирующие устройства и т. п., а также предохранители должны иметь надписи, указывающие, к какому двигателю они относятся.

Продуваемые электродвигатели, установленные в запыленных помещениях, должны иметь подвод чистого охлажденного воздуха извне или из смежных помещений с заслонкой для прекращения подачи воздуха непосредственно после остановки электродвигателя. Минимальная температура подводимого воздуха не нормируется.

Выводы статорной и роторной обмоток и кабельной воронки должны быть закрыты ограждениями. Вращающиеся части машин — шкивы, муфты, вентиляторы, открытые части валов — также должны быть закрыты ограждениями, снятие которых во время работы машин запрещается.

Если на поступившем трехфазном двигателе отсутствует маркировка обмоток статора, ее можно восстановить следующим образом:

1. С помощью мегомметра определить пары выводов, принадлежащих каждой фазе.

2. В одной фазе произвольно обозначить один вывод  $H1$  (начало), второй  $K1$  (конец).

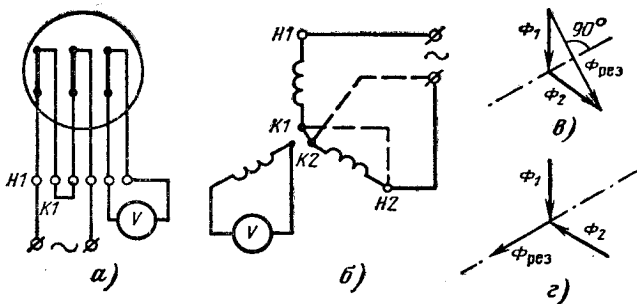


Рис. 36-27. Определение выводов обмоток машины трехфазного тока.

а, б — схема включения; в — векторная диаграмма потоков при соединении вывода  $K1$  с  $K2$  (сплошные линии); г — то же при соединении выводов  $K1$  с  $H2$  (пунктирные линии).

3. Вывод  $K1$  соединяется с одним из выводов второй фазы, к этим двум последовательно соединенным фазам подводится напряжение переменного тока, примерно в 10 раз меньшее, чем номинальное напряжение двигателя. К выводам третьей фазы подключается вольтметр (рис. 36-27, а). Если вольтметр покажет напряжение, близкое по величине к подведенному, что означает, что направление результирующего потока  $\Phi_{рез}$ , создаваемого двумя фазами, совпадает с осью третьей фазы (рис. 36-27, г), и выводы обмоток первых двух фаз соединены следующим образом:  $H1-K1-H2-K2$  (пунктирные линии на рис. 36-27, б). Если вольтметр не дает никаких показаний, то  $\Phi_{рез}$  направлен перпендикулярно оси третьей фазы (рис. 36-27, в), а выводы первых двух фаз соединены  $H1-K1-K2-H2$  (сплошные линии на рис. 36-27, б).

4. С первой фазой соединяется третья, а вольтметр подключается ко второй фазе. Измерение и определение маркировки третьей фазы производится аналогично.

Вместо вольтметра может быть применена лампа накаливания на напряжение, равное подводимому испытательному.

Вместо однофазного переменного тока может быть подключен источник постоянного тока с ключом для быстрого замыкания и размыкания цепи.

**Б. Порядок работ по монтажу машин**

1. Подготовительные работы на месте монтажа:

а) Проверка качества и размеров фундамента (основания) и отверстий для фундаментных болтов (отсутствие трещин и пустот, соответствие размеров проекту). Используемые приспособления — натянутые

струны, отвесы, рулетка, линейка проверочная, уровень.

б) Подрубка, выравнивание и насечка поверхности фундамента для установки подкладок под плиту или салазки, очистка отверстий с помощью электрических или пневматических молотков.

2. Подготовка к монтажу машин, поступающих в собранном виде:

а) Распаковка, очистка и осмотр машин. Производится в чистом сухом вентилируемом помещении с температурой выше  $+3^\circ\text{C}$ . Используются керосин, бензин, тряпки, стальные щетки, сжатый воздух. Обработанные части покрываются антикоррозийной эмалью.

б) Ревизия машин, разборка (в случае необходимости) со снятием шкива, подшипниковых щитов и выемкой ротора. Устраняются дефекты стали, изоляции обмоток, коллектора, щеточного аппарата.

в) Расточка и насадка полумуфты, проверка шпонки, пригонка пальцев к муфте. Проверяется радиальный и осевой бой полумуфты. Используются микрометр, штангас, шаблон, приспособления для снятия и насадки полумуфт.

г) Подготовка плиты (салазок), изготовление подкладок, проверка резьбы фундаментных болтов.

3. Подготовка к монтажу машин, поступающих в разобранном виде:

а) Распаковка, очистка и осмотр машин (см. п. 2, «а»). С помощью крана и такелажных приспособлений части машин располагаются в машинном зале или на монтажной площадке на деревянных подкладках.

б) заготовка чугунных и стальных подкладок под фундаментные плиты, станины, стояки, болтов для соединительных муфт. Подготовка инструментов.

4. Монтаж машин, поступающих в собранном виде:

а) Установка подкладок, фундаментных болтов, плиты или салазок (используются проверочная линейка, уровень).

б) Доставка машин, подъем на фундамент и установка на плиту (салазки).

Выверка машины до совпадения ее оси с осью механизма. Используются транспортно-такелажные средства, контрольная скоба, щуп, индикатор часовой, шнур.

в) Подливка плиты или салазок цементным раствором (1 часть цемента и 1 часть чистого песка).

г) Сушка машины (§ 36-10, Ж).

д) Проверка воздушных зазоров с помощью щупа (§ 36-10, Д).

е) Проверка механизма подъема щеток, очистка и шлифовка контактных колец и щеток (для машин переменного тока); проверка установки щеток на нейтрал, полярности полюсов, внутренних соединений, боя коллектора, нажатия щеток, шлифовка коллектора и щеток (для машин постоянного тока). Изоляция коллектора должна быть продорожена, с граней коллекторных пластин снимаются фаски. Рабочая поверхность щеток должна быть зеркально блестящей. Используются источник постоянного тока, ключ, вольтметр, компас, индикатор часовой, динамометр, шлифовальная колодка и стеклянная бумага.

ж) Чистка, промывка (керосином) и заполнение подшипников скольжения маслом надлежащей марки до отметки на маслоуказателе. В случае необходимости производятся также чистка и промывка подшипников качения. Их камеры заполняются смазкой на 1/2—2/3.

з) Подготовка к пуску, пуск и опробование машин на холостом ходу и под нагрузкой. Температура машины и подшипников, вибрация и коммутация должны оставаться нормальными.

5. Монтаж машин, поступающих в разобранном виде.

а) Выверка фундаментной плиты по осям, высоте и уровню (используются струны, отвесы, уровни, проверочная линейка, подкладки чугунные и стальные).

б) Установка подшипниковых стоек (кроме приспособлений, указанных в п. 1, используются подкладки изоляционные).

в) Установка статора и ротора (такелаж, кран или козлы, шпальная клетка для заводки ротора).

г) Сопряжение валов, центровка (контрольные скобы, уровень, индикатор часовой, щуп).

д) Пригонка подшипников и вкладышей, уплотнение подшипников (щуп, свинцовые отгиски, микрометр).

е) Выверка с помощью щупа воздушных зазоров до неравномерности не более 10% (§ 36-10, Д).

ж) Выполнение внутренних соединений машины с надежными контактами (приспособления для пайки и сварки меди, изоляционные материалы).

з) Обработка коллектора и контактных колец. Должны отсутствовать бой и неровности поверхности. Изоляция коллектора продоразживается, а с граней коллекторных пластин снимаются фаски. Используются индикатор, шлифовальная колодка со стек-

лянной бумагой, скребок и шабер, пемза.

и) Монтаж коммутационных устройств. Регулируется траверса. Щетки устанавливаются на нейтрал. Нажатие щеток должно быть равномерным, а поверхность — зеркально блестящей. Используются: бумажная лента для разметки окружности коллектора, динамометр, источник постоянного тока, ключ и вольтметр.

к) Сушка машин (§ 36-10, Ж).

л) Установка контрольных шпилек (конических штифтов) с использованием сверл, конических разверток.

м) Монтаж масляного и воздушного хозяйства, которое должно обеспечить подачу требуемого количества очищенного и охлажденного воздуха.

6. Объем проверок смонтированных машин в неподвижном состоянии. Проверяются по натуре по актам скрытых работ:

а) геодезические отметки фундаментной плиты и показания уровня на плоскостях плиты;

б) толщина подкладок под лапы машин и под подшипниковые стойки;

в) наличие контрольных шпилек (конических штифтов) на подшипниковых стойках и лапах машин;

г) величина сопротивления изоляции подшипниковых стоек;

д) правильность линии вала, сопряжения муфт и шестерен;

е) разбег вала (при подшипниках скольжения);

ж) зазоры в подшипниках скольжения;

з) надежность уплотнения подшипников;

и) применение надлежащей марки смазки;

к) равномерность воздушных зазоров;

л) надежность внутренних соединений и креплений к машине (контакты обмотки и перемычек, отсутствие обрывов, посадка клиньев и пр.);

м) правильное чередование полюсов в машинах постоянного тока;

н) бой коллектора и состояние его поверхности;

о) правильная установка щеток на нейтрал, по окружности и по оси; надлежащая марка и сила нажатия щеток; слабина щеток в обойме щеткодержателя и расстояние от обоймы до коллектора;

п) исправность масляного хозяйства;

р) исправность системы воздушного охлаждения.

У машин малой и средней мощности, прибывших в собранном виде, проверки по пп. «а» — «г» не выполняются.

В процессе монтажа машин, прибывших в разобранном виде, заполняется монтажный паспорт на машины и агрегаты, в котором указываются толщина подкладок, величина сопротивления изоляции подшипниковых стоек, геодезические отметки фундаментной рамы, отклонение оси вала от геодезической оси, линия вала по

урсвню, на плоскостях плиты под стояками и лапами и на разъемах вкладышей подшипников, бой колец, коллектора, шеек вала и полумуфты (радиальный и осевой), осевой разбег вала, вибрация подшипников, воздушный зазор между статором и ротором в разных точках окружности со стороны обоих подшипников, воздушный зазор между якорем и полюсами (главными и дополнительными), расстояния между коллектором и щеткодержателями, зазоры лабиринтных уплотнений и между торцевыми плоскостями муфты.

### В. Шкивы, муфты, шпонки

Ременные (рис. 36-28) и клиноременные (рис. 36-29) шкивы надеваются в основном на цилиндрические концы валов электродвигателей. Тип и размеры шкива зависят от размеров концов вала (табл. 36-31).

Для соединения электрических машин с механизмами наибольшее распространение получили упругие муфты типа МУВП с пальцами (рис. 36-30). Упругими элементами муфты являются резиновые кольца трапециевидного сечения, либо толстостенные резиновые трубки. Взаимное положение

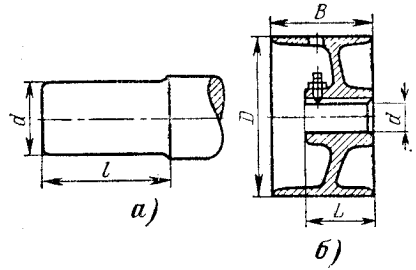


Рис. 36-28. Цилиндрический конец вала двигателя (а) и ременный шкив (б).

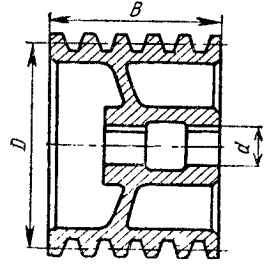


Рис. 36-29. Клиноременный шкив.

Таблица 36-31

Ременные и клиноременные шкивы и цилиндрические концы валов электродвигателей

Конец вала		Ременный шкив				Клиноременный шкив					
<i>d</i> , мм	<i>l</i> , мм	Тип	<i>D</i> , мм	<i>B</i> , мм	Масса, кг	Тип	<i>D</i> , мм	<i>B</i> , мм	Масса, кг	Количество ремней	Тип ремней (ГОСТ)
16	40	—	80	60	1,1	—	—	—	—	—	—
18	40	ШР-3	100	60	1,2	ШК-3-1	90	30	1,2	2	О
18	40	—	—	—	—	ШК-3-2	90	42	1,5	3	О
20	50	—	100	85	2,2	—	—	—	—	—	—
24	60	—	125	60	2,2	—	—	—	—	—	—
25	60	ШР-4	125	85	2,4	ШК-4-1	100	56	2,2	3	А
25	60	—	—	—	—	ШК-4-2	100	72	2,6	4	А
28	60	—	125	85	2,8—3,3	—	—	—	—	—	—
32	80	—	160	100	5,7	—	—	—	—	—	—
35	80	ШР-5	200	125	7,8	ШК-5-1	140	72	4,8	3	Б
35	80	—	—	—	—	ШК-5-2	140	114	6,7	5	Б
40	110	—	250	125; 150	12,4; 13	—	—	—	—	—	—
45	110	ШР-6	250	150	10,5	ШК-6-1	180	114	13	5	Б
45	110	—	250; 320	150	15; 20	ШК-6-2	180	156	16	7	Б
48	110	—	225	150	12,5	—	—	—	—	—	—
50	110	—	300; 400	175	19; 28	—	—	—	—	—	—
55	110	ШР-7-1	300	175	16,5	ШК-7-1	250	144	26	5	В
55	110	ШР-7-2	400	175	23,5	ШК-7-2	250	198	33	7	В
55	110	—	250; 320	175	14,5; 17,5	—	—	—	—	—	—
60	140	—	360	200	30—33	—	—	—	—	—	—
60	140	—	400	250	38	—	—	—	—	—	—
65	140	ШР-8-1	360	200	26	ШК-8-1	315	198	52	5	Г
65	140	ШР-8-2	450	200	36	ШК-8-2	315	236	57	6	Г
65	140	—	320; 360	225	17,5; 30	—	—	—	—	—	—
70	140	—	400	225	50	—	—	—	—	—	—
70	140	—	450	250	65	—	—	—	—	—	—
75	140	ШР-9-1	450	250	40	ШК-9-1	400	236	53	6	Г
75	140	ШР-9-2	560	250	53	ШК-9-2	400	312	67	8	Г
75	140	—	360	250	37	—	—	—	—	—	—
75	140	—	400	225	42	—	—	—	—	—	—
85	170	—	550	300	—	—	—	—	—	—	—
90	170	—	560	350	—	—	—	—	—	—	—
100	210	—	560	400	—	—	—	—	—	—	—

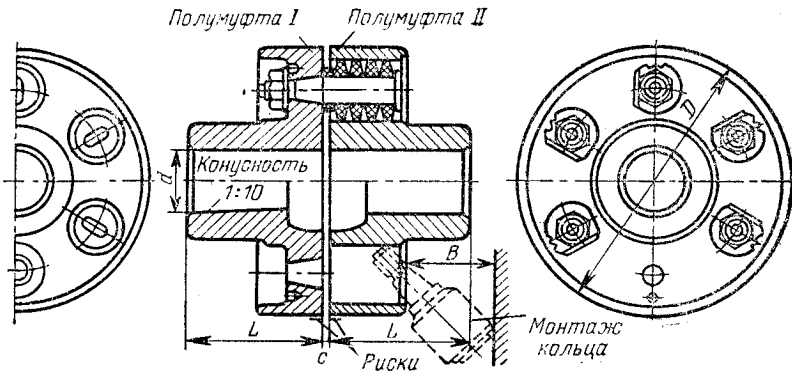


Рис. 36-30. Упругая муфта типа МУВП.

## Упругие муфты типа МУВП с пальцами

Таблица 36-32

№ муфты	Допустимые скорость и мощность		Размеры, мм					№ пальца	Количество пальцев	Масса полумуфты, кг
	п, об/мин	кВт/об/мин	Диаметр вала $d$	$L$	$D$	Средний зазор $c$	Наименьший монтажный размер $B$			
1	6 300	0,005	12—18	42	90	2	26	1	4	0,9
2	5 700	0,0088	16—22	52	100	2	26	1	6	1,3
3	4 700	0,0185	19—28	62	120	2,5	40	2	4	2,4
4	4 000	0,033	24—38	82	140	2,5	40	2	6	4
5	3 500	0,059	30—38	82	160	3	52	3	6	5,9
6	3 000	0,101	35—55	112	190	3	52	3	8	10,7
7	2 500	0,189	40—55	112	225	4	65	4	8	16
8	2 200	0,2875	50—75	142	260	4	65	4	10	26
9	1 900	0,394	60—75	142	295	5	80	5	8	34
10	1 700	0,675	70—95	175	330	5	80	5	10	51
11	1 550	0,81	80—95	175	365	6	102	6	8	64
12	1 400	1,165	90—120	215	405	6	102	6	10	96
13	1 250	1,47	100—120	215	445	7,5	126	7	8	121
14	1 100	2,15	110—150	255	500	7,5	126	7	10	178
15	1 000	3,05	130—150	255	570	7,5	126	7	12	200

ние полумуфты при совместном выполнении отверстий под пальцы фиксируется рисками на ободах полумуфт. Материал полумуфт — чугун не ниже марки СЧ21-40. Технические параметры упругих муфт приведены в табл. 36-32.

При соединении электрических машин с механизмами применяются также жесткие подвижные (зубчатые) муфты (при диаметре вала машины до 145 мм) и глухие поперечно-свертные муфты (диаметр вала машины 35—200 мм).

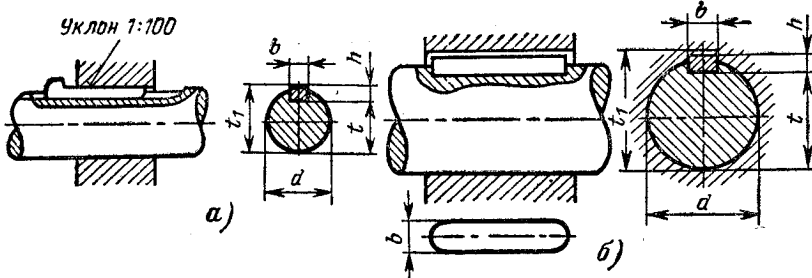


Рис. 36-31. Врезные (а) и призматические (б) шпонки.

Таблица 36-33

## Размеры клиновых врезных и призматических шпонок, мм

Диаметр вала $d$	Сечение $b \times h$	Размеры, определяющие глубину паза		
		в теле вала $t$	в муфте	
			для врезной шпонки $t_1$ (рис. 36-31, а)	для конической шпонки $t_1$ (рис. 36-31, б)
18—24	6×6	$d-3,5$	$d+2,5$	$d+2,7$
24—30	8×7	$d-4$	$d+3$	$d+3,3$
30—36	10×8	$d-4,5$	$d+3,5$	$d+3,8$
36—42	12×8	$d-4,5$	$d+3,5$	$d+3,8$
42—48	14×9	$d-5$	$d+4$	$d+4,3$
48—55	16×10	$d-5$	$d+5$	$d+5,3$
55—65	18×11	$d-5,5$	$d+5,5$	$d+5,8$
65—78	20×12	$d-6$	$d+6$	$d+6,3$
78—90	24×14	$d-7$	$d+7$	$d+7,3$
90—105	28×16	$d-8$	$d+8$	$d+8,4$
105—120	32×18	$d-9$	$d+9$	$d+9,4$
120—140	36×20	$d-10$	$d+10$	$d+10,4$
140—170	40×22	$d-11$	$d+11$	$d+11,4$
170—200	45×25	$d-13$	$d+12$	$d+12,5$

Для закрепления шкивов и полумуфт на валу применяются клиновые врезные и призматические шпонки (рис. 36-31, табл. 36-33).

## Г. Подшипники

Подшипники качения. В электрических машинах внутренние кольца подшипников насаживаются на вал плотно

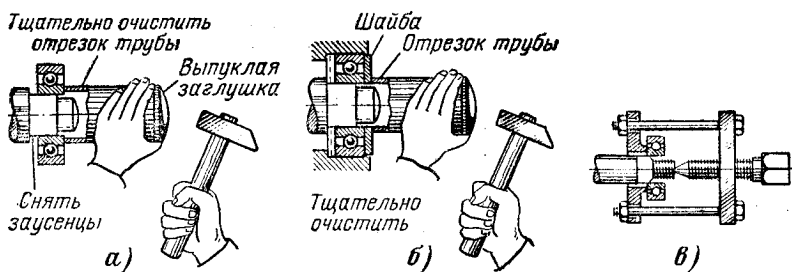


Рис. 36-32. Насадка и снятие подшипников качения.

а — насадка подшипника на вал; б — насадка подшипника на вал и корпус; в — снятие подшипника.

(тугая посадка), а наружные кольца свободно вставляются в расточки подшипниковых щитов (скользящая посадка) с зазором 0,05—0,1 мм по диаметру. Перед посадкой внутреннего кольца на вал с натягом кольцо необходимо нагреть в горячем масле, имеющем температуру 80—90 °С.

Посадка кольца на вал выполняется при помощи отрезка медной трубы, специальной шайбы и молотка (рис. 36-32, а). Подшипник должен стоять строго перпендикулярно оси вала. Вал должен быть сма-

зан маслом. Величина расширения кольца при посадке с натягом не должна превышать радиального зазора в подшипнике. Для одновременной посадки подшипника на вал и в корпус применяются монтажные стаканы с шайбой (рис. 36-32, б).

Съемник для снятия подшипников должен давить только на внутреннее кольцо, причем усилие должно равномерно действовать на всю торцевую поверхность кольца и перпендикулярно ей (рис. 36-32, в).

Для подшипников качения применяются консистентные смазки: универсальная среднеплавленная УС-3 (солидол Т), универсальная тугоплавкая водостойкая УТВ (смазка 1-13), универсальная тугоплавкая УТ-1 (консталин М) и др.

Таблица 36-34

## Зазоры в подшипниках качения

Внутренний диаметр подшипника, мм	Радиальные зазоры, мм		
	новых шарикоподшипников	новых роликоподшипников	наибольшие допустимые при износе подшипников
20—30	0,01—0,02	0,03—0,05	0,1
35—50	0,01—0,02	0,05—0,07	0,2
55—80	0,01—0,02	0,06—0,08	0,2
85—120	0,02—0,03	0,08—0,1	0,3
130—150	0,02—0,04	0,01—0,12	0,3

Основной параметр подшипника качения, контролируемый при монтаже, — радиальный зазор, который измеряется щупом, проходящим между обоймой и кольцом и шариком или роликом. Начальный зазор нового подшипника до посадки на рабочее

место должен удовлетворять требованиям табл. 36-34. Посадочный зазор, получаемый после монтажа подшипника в узел машины, всегда меньше начального зазора. Рабочий зазор при рабочем режиме и температуре больше посадочного зазора.

Осевой зазор (величина осевого перемещения одной обоймы относительно другой) составляет 0,3 мм, за исключением специальных видов подшипников.

Подшипники скольжения. В процессе монтажа электрической машины

проверяется качество пришабровки вкладышей и зазоры.

Пришабренная часть занимает менее 2/3 поверхности нижнего вкладыша (менее 120°, рис. 36-33). Норма поверхности соприкосновения (при проверке на краску) нижнего вкладыша — два пятна на 1 см<sup>2</sup> поверхности на дуге 60—90° и наличие

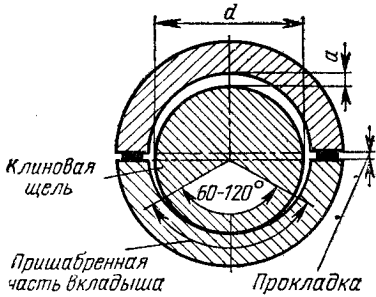


Рис. 36-33. Зазор в подшипнике скольжения.

плотных поясов по концам. Для верхнего вкладыша, не несущего нагрузки, — одно пятно на 1 см<sup>2</sup>.

Зазор между шейкой вала и верхним вкладышем, а также между вкладышем и крышкой подшипника определяется по толщине сплюснутых при натяжке подшипника свинцовых проволочек *a*, *b*, *в*, *г* (рис. 36-34), которые были расположены между шейкой вала и верхним вкладышем, а также между вкладышем и крышкой подшипника, и измерены микрометром после разборки подшипника. На основании этих из-

мерений зазоры рассчитываются по формулам:

зазор между валом и верхним вкладышем (рис. 36-34, *a*) в плоскости 1—1

$$A_1 = \delta_1 - \frac{z_1 + z_2}{2},$$

в плоскости 2—2

$$A_2 = \delta_2 - \frac{z_3 + z_4}{2};$$

зазор между вкладышем и крышкой (рис. 36-34, *б*)

$$B = a_1 - \frac{b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{4}.$$

Зазоры для подшипников задаются заводом-изготовителем. Для машин мощностью до 1000 кВт скоростью менее 3000 об/мин и до 200 кВт при скорости 3000 об/мин зазоры между шейкой вала и вкладышем подшипника (*a* на рис. 36-33) могут быть приняты в соответствии с табл. 36-35.

Увеличенные зазоры допускаются как исключение в случаях, требующих дополнительного пришабровки по месту вследствие неточности сборки и других дефектов.

Посадка для шейки вала в подшипниковом вкладыше принимается при скорости 1000 об/мин и более широкоходовой, при меньшей скорости — легкоходовой.

В подшипниках качения, а также в подшипниках скольжения, работающих без принудительной смазки, применяется уплотнение подшипников фетровыми и войлочными кольцами, имеющими контакт с

поверхностью вала. Уплотняющие кольца применяются при скоростях на поверхности контакта до 5—6 м/с и температуре 90°С. Нажатие кольца на вал должно быть не слишком большим. Кольцо может выполняться разрезным (срез скошен на 30°), если целое кольцо нельзя надеть на вал. При диаметре вала 25—200 мм толщина кольца соответственно 5—12 мм, а высота — 7—19 мм.

Выбор сорта масла для смазки подшипников скольжения производится в основном по его вязкости.

Для машин с кольцевой смазкой применяется масло:

при мощности до 1000 кВт — веретенное 3 (вязкость 2,6—3,3 Э при температуре 50°С);

при мощности 100—

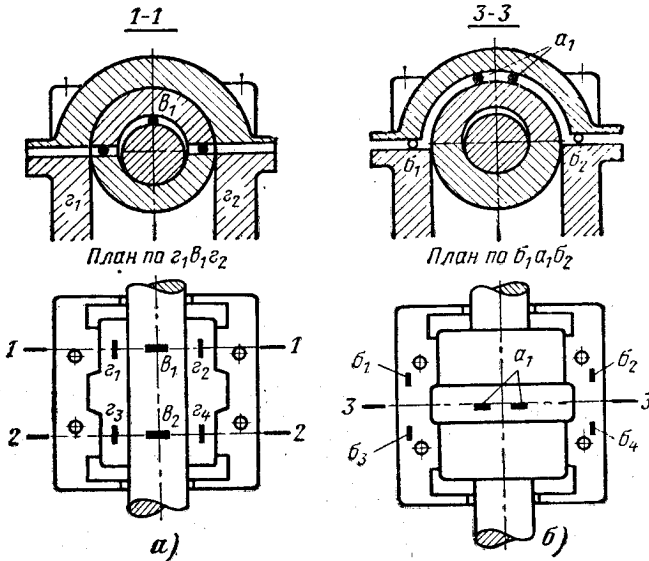


Рис. 36-34. Измерение зазоров в подшипнике скольжения.

*a* — между валом и верхним вкладышем; *б* — между вкладышем и крышкой.



Таблица 36-35

**Предельные размеры зазоров в подшипниках скольжения  
(между шейкой вала и вкладышем подшипника)**

Диаметр шейки вала, мм	Стандартный зазор, мм, при скорости вращения, об/мин			Увеличенный зазор, мм, при скорости, об/мин	
	до 1 000	1 000—1 500	свыше 1 500	до 1 000	1 000—1 500
18—30	0,04—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28	0,1	0,13
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34	0,12	0,16
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4	0,14	0,195
80—120	0,08—0,16	0,012—0,235	0,23—0,46	0,16	0,235
120—180	0,1—0,195	0,015—0,285	0,26—0,53	0,2	0,3
180—260	0,12—0,225	0,018—0,3	0,3—0,6	0,24	0,4
260—360	0,14—0,25	0,021—0,38	0,34—0,68	0,26	0,5
360—500	0,17—0,305	0,025—0,44	0,38—0,76	0,32	0,6

1 000 кВт и скорости более 250 об/мин машинное Л (вязкость 3,8—4,6°Э), а для тихоходных — машинное С или моторное М (5,2—7,1°Э);

при мощности свыше 1 000 кВт применение масла машинного С требуется при скорости до 1 000 об/мин для реверсивных или часто пускаемых двигателей.

Для неревверсивных двигателей всех мощностей скоростью 1 000 об/мин и более при редких пусах допускается применение масла веретенного З.

Для машин с принудительной смазкой (мощность, как правило, более 1 000 кВт) применяется при скорости 1 000 об/мин и выше масло турбинное Л (22) вязкостью 2,9—3,3°Э, а для тихоходных — турбинное УТ (30) вязкостью 4,0—4,5°Э.

Масло для специальных машин индивидуального исполнения применяется по указанию завода-изготовителя.

При замене масла вязкость масла-заменителя должна быть не ниже вязкости заменяемого масла и превышать ее не более чем на 2°Э (параметры смазки — см. § 36-11, А).

В крупных синхронных и асинхронных машинах, особенно в быстроходных турбогенераторах, появляются опасные паразитные подшипниковые токи. Для их устранения в цепь вал — подшипник — фундаментная плита — второй подшипник — вал включаются изолирующие прокладки.

Изоляция подшипниковых стоек осуществляется прокладками из изолита или текстолита толщиной 3—10 мм, которые должны выступать из-под стоек по всему контуру на 5—15 мм.

Изоляция болтов и контрольных шпилек осуществляется шайбами из миканита или изолита толщиной 2 мм с наружным диаметром на 3 мм больше, чем диаметр соответствующих металлических шайб. Можно также применять кольца толщиной 1—2 мм, вырезанные из литероидных или электрокартонных трубок.

Изоляция фланцев маслопровода выполняется электрокартоном или крингеритом 2—3 мм.

Кабели и неизолированная часть маслопровода изолируются деревянными клицами по месту.

#### Д. Выверка валов и зазоров

Сдвиг центров и перекося вала выверяются двойной радиально-осевой скобой путем замера зазоров *a* и *b* между остриями скоб при повороте вала вместе со скобой

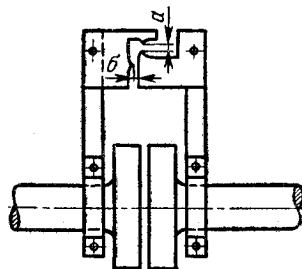


Рис. 36-35. Скоба для выверки валов.

в четыре положения (рис. 36-35). Каждая величина в этих четырех положениях должна давать разброс не более 0,04—0,05 мм (между наибольшим и наименьшим значениями). Этот допуск относится к выверке контрольными скобами при радиусе скобы 250—300 мм либо к выверке по муфтам диаметром 400—500 мм.

Разбег (осевая игра) вала в подшипниках скольжения в одну сторону от центрального положения ротора, определяемого магнитным полем, не должен превышать 2% диаметра шейки вала (при величине диаметра шейки 200 мм и более). Для машин мощностью до 10 кВт разбег в одну сторону должен быть не более 0,5 мм, для 10—20 кВт — разбег 0,75 мм, для 30—70 кВт — разбег 1 мм, для 70—125 кВт — разбег 1,5 мм и для машин мощностью свыше 125 кВт разбег не должен превышать 2 мм. Суммарный двусторонний разбег вала не должен превышать 2—4 мм.

Осевые зазоры между заточками вала и торцами вкладышей должны быть от-

Таблица 36-36

Е. Установка щеток

**Предельная величина вибрации подшипников электрических машин**

Группа машин	Допустимая двойная амплитуда вибрации, мм
Синхронные генераторы и синхронные компенсаторы при частоте вращения, об/мин:	
3 000	0,05
1 500	0,07
1 000 и ниже	0,1
Прочие машины при частоте вращения, об/мин:	
3 000	0,05
1 500 (до 100 кВт)	0,05
1 500 (выше 100 кВт)	0,01
1 000 (до 100 кВт)	0,05
1 000 (100 кВт)	0,1
750	0,12
600	0,16
500	0,2

регулированы так, чтобы тепловое расширение вала было направлено от муфты к наружным подшипникам.

Следует учитывать, что при повышении температуры вала на 40°С его длина увеличивается на 0,05%.

Вибрация машин оценивается по двойной величине амплитуды вибрации (табл. 36-36), измеряемой на каждом подшипнике.

Замеры воздушных зазоров асинхронных двигателей производятся с помощью щупов с обеих сторон ротора в различных точках при четырех последовательно сдвинутых на 90° положениях ротора в холодном и горячем (при установившейся температуре) состоянии. В машинах постоянного тока и явнополюсных синхронных зазоры измеряются против середины полюсных башмаков под каждым полюсом. Измеренные величины воздушных зазоров не должны отличаться друг от друга более чем на 10%.

Щетки на коллекторе должны располагаться так, чтобы обеспечить его равномерный износ (рис. 36-36). При размещении щеток по оси коллектора должен учитываться осевой разбег вала.

Расстояние между щетками по окружности определяется при помощи бумажной ленты, а не по числу коллекторных пластин. Отклонения в величине расстояний по окружности коллектора между сбегающими краями щеток для машин свыше 200 кВт не должно превышать 0,5%, для машин до 220 кВт — не более 1,5—2%.

Расстояние от обоймы до поверхности коллектора должно составлять 2—4 мм. При расстоянии более 4 мм щетки вибрируют. При наклонном расположении щеток острый угол щетки должен быть набегающим.

Удельное нажатие различных марок щеток находится в пределах 150—400 гс/см<sup>2</sup> и принимается по соответствующим каталогам. Отклонения в величине удельного нажатия между отдельными щетками одного стержня допускаются ±10%. Для крановых и других двигателей, подвергающихся толчкам и сотрясениям, удельное нажатие на щетки может быть повышено на 50—75% по сравнению с каталожными данными.

Обойма щеткодержателя допускает отклонение от номинального размера в осевом направлении от нуля до +0,15 мм, в тангенсальном при ширине щеток менее 16 мм от нуля до +0,12 мм, при большей ширине щеток от нуля до +0,14 мм.

Допустимые отклонения размеров щеток от номинальных размеров обоймы щеткодержателя могут быть только минусовыми и составляют в осевом направлении от —0,2 до —0,35 мм, в тангенсальном от —0,06 до —0,18 (щетки шириной до 16 мм) или от —0,17 до —0,21 мм (щетки более 16 мм).

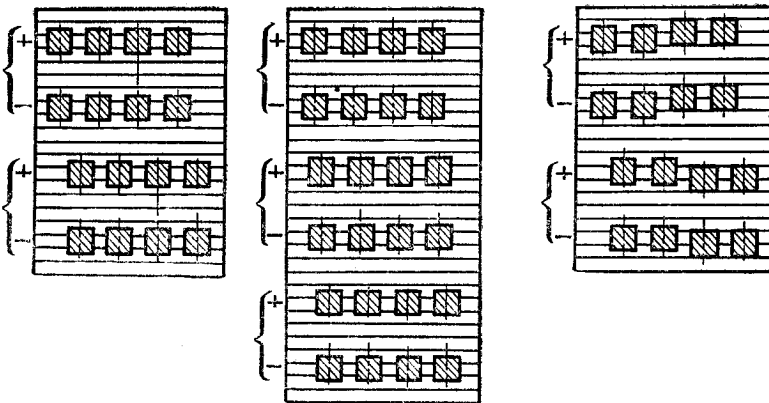


Рис. 36-36. Расположение щеток на коллекторе.

Слабина щетки в обойме должна составлять в осевом направлении 0,2—0,5 мм, в тангенциальном 0,06—0,3 мм (щетки шириной до 16 мм) или 0,07—0,35 (щетки шире 16 мм).

Одновременное применение на одной машине щеток разных марок, как правило, не допускается.

### Ж. Сушка электрических машин

Сушка изоляции обмоток машин перед пуском производится, если коэффициент  $K_{60}$  меньше 1,3. Коэффициент  $K_{60} = R_{60} : R_{15}$  представляет собой отношение сопротивления изоляции, измеренного через 60 с после подключения раскрученного мегомметра к испытуемой обмотке, к сопротивлению, имевшему место через 15 с при том же измерении. Для исключения погрешностей, обусловленных остаточными зарядами, перед измерением сопротивления изоляции обмотка должна быть заземлена на несколько минут.

В соответствии с «Инструкцией по определению условий включения вращающихся электрических машин без сушки» о необходимости сушки судят по величине сопротивления изоляции обмоток, хотя это сопротивление не нормируется ПТЭ и ПУЭ. За наименьшее сопротивление изоляции, при котором еще не требуется сушки, принимается:

для статоров машин переменного тока до 1 000 В — 0,5 МОм;

для статоров машин переменного тока свыше 1 000 В и якорей постоянного тока до 750 В — 1 МОм/кВ ( $kV_{ном}$ ); в остальных случаях

$$R_{из} = \frac{U}{1\,000 + 0,01 \cdot P}, \text{ МОм,}$$

где  $P$  — мощность машины, кВ·А;  $U$  — номинальное напряжение обмотки, кВ.

Машины, находящиеся в эксплуатации, могут включаться после периода бездействия без дополнительной сушки, если абсолютная величина сопротивления изоляции понизилась не более чем на 50% по сравнению с сопротивлением изоляции (при той же температуре), полученным в результате сушки, а коэффициент  $K_{60}$  понизился не более чем на 25%.

Перед сушкой машины должны быть очищены и продуты сжатым воздухом. При сушке производятся замеры сопротивления обмоток, температуры обмоток и окружающего воздуха, тока сушки и т. д. Коэффициент  $K_{60}$  определяется вначале сушки в холодном и затем нагретом состояниях, в конце сушки для решения вопроса о ее прекращении и после сушки в период остывания машины.

Сопротивление изоляции обмоток при сушке в первый период снижается, затем повышается и устанавливается. При неиз-

менной величине сопротивления изоляции в течение 3—5 ч сушка прекращается.

Применение индукционного нагрева возможно для сушки всех видов электрических машин. По наружной поверхности станины наматывается намагничивающая обмотка, подключаемая к источнику переменного тока. Метод аналогичен сушке трансформаторов (§ 36-7, В).

Для синхронных машин возможен нагрев за счет индукционных потерь в стали ротора. Обмотка статора подключается к источнику трехфазного тока напряжением 2—3% номинального для данной машины, а обмотка ротора замыкается накоротко. Температура регулируется периодически включением и отключением машины.

Для машин с валом, изолированным от станины и от фундамента (изоляция подшипниковых стояков), можно наматывать намагничивающую обмотку на статор либо подключить источник однофазного переменного тока к концам вала, используя последний в качестве намагничивающего витка для стали статора.

Распространены методы нагрева током при сушке машин. Постоянный или переменный ток при пониженном напряжении (до  $0,15 U_{н}$ ) подается в одну из обмоток машины. Другие обмотки могут быть разомкнуты либо закорочены. При таком нагреве корпус машины должен быть надежно заземлен.

Сушка методом нагрева током недопустима для сильно отсыревших машин, так как может вспучиться изоляция, а при сушке постоянным током, кроме того, электролитическое действие может разрушить изоляцию.

В процессе сушки температура обмоток и стали машины должна быть не более 70°C при измерении термометром, 90°C при измерении по сопротивлению обмотки, 80—85°C при измерении термометктором.

Температура проволочных бандажей, измеренная термопарой, должна быть не более 100°C. Температура выходящего воздуха у машин с приточной или замкнутой вентиляцией при сушке током должна быть не выше 65°C.

Сильно отсыревшие машины следует сушить внешним нагревом с помощью тепловоздухов, ламп накаливания, нагревательных сопротивлений, батарей парового отопления, а также в сушильных шкафах (для машин малой мощности). Температура горячего воздуха не более 90°C. Этот способ может применяться для любых машин.

Если один из методов не обеспечивает необходимой температуры, применяется комбинированный нагрев (внешний нагрев в дополнение к индукционному или нагреву током в обмотках). Температура входящего воздуха в этом случае должна быть 50—70°C.

После окончания сушки, а также при остановках во время эксплуатации не до-

пускается понижения температуры машин ниже 3—4 °С во избежание их отпотевания.

### 3. Приемно-сдаточные испытания электрических машин

1. Определение возможности включения без сушки. Производится для машин переменного тока напряжением выше 1 000 В (§ 36-10, Ж).

2. Измерение сопротивления изоляции. Мегомметром на напряжение 2 500 В испытываются обмотки статора напряжением 1 000 В и выше. При испытании изоляции термоминдикаторов и термодетекторов используется мегомметр на напряжение 250 В. В остальных случаях применяются мегомметры на 1 000 В (в некоторых случаях на 500 В).

Величина сопротивления изоляции электродвигателей не нормируется. В синхронных генераторах и компенсаторах сопротивление изоляции должно быть не менее указанного в ПУЭ § 1-8-13 [Л. 36-3].

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

Испытательное напряжение принимает для:

а) обмоток статора всех машин переменного тока и обмоток якоря и связанных с ним цепей машин постоянного тока (кроме возбuditелей и подвозбудителей синхронных машин) при номинальном напряжении ( $U_n$ ) до 3300 В

$$0,75 \cdot (2U_n + 1000), \text{ В};$$

при номинальном напряжении 3 300—6 600 В

$$0,75 \cdot 2,5U_n, \text{ В};$$

при номинальном напряжении выше 6 600 В

$$0,75 (2U_n + 3000), \text{ В};$$

б) обмоток однополюсных роторов генераторов и всех роторов синхронных двигателей —  $7,5 U_{н.в}$  ( $7,5$  — кратное номинальное напряжение возбuditельной системы), но не менее 1 100 В;

в) обмоток неявнополюсных роторов генераторов — 1 000 В, если это не противоречит нормам завода-изготовителя;

г) обмоток якоря возбuditеля и подвозбудителя (относительно корпуса и бандажей) —  $7,5 U_{н.в}$ , но не ниже 1 100 В и не выше 2 600 В;

д) реостатов и пускорегулирующих сопротивлений и обмоток ротора двигателя с фазным ротором —  $1,5 U_p$ , но не ниже 1 000 В ( $U_p$  — напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и полном напряжении на статоре, В);

е) реостатов и пускорегулирующих сопротивлений в цепях возбуждения генераторов переменного тока и машин постоянного тока (совместно с цепями возбуждения, кроме ротора и возбuditеля или отдельно от этих цепей) — 1 000 В;

ж) сопротивлений гашения поля синхронных машин — 2 000 В;

з) бандажей якоря — 1 000 В.

Испытание изоляции обмоток статора генераторов рекомендуется проводить до ввода ротора в статор, а двигателей — на полностью собранной машине. Каждая фаза испытывается относительно корпуса и двух других заземленных фаз, если двигатель не имеет выводов всей обмотки относительно корпуса.

4. Измерение сопротивления постоянному току всех обмоток, реостатов и пускорегулирующих сопротивлений. Измеренные величины не должны отличаться от заводских данных более чем на 2% (для реостатов и сопротивлений, а также якорей машин постоянного тока допускается отклонение до 10%).

5. Измерение величины воздушного зазора (§ 36-10, Д).

6. Измерение зазоров в подшипниках скольжения (§ 36-10, Г, табл. 36-35).

7. Проверка работы машины на холостом ходу. Производится в течение 1 ч. Величина тока холостого хода не нормируется. Двигатель может испытываться с нагруженным механизмом.

8. Измерение вибрации подшипников (§ 36-10, Г, табл. 36-36).

9. Измерение разбега ротора (якоря) в осевом направлении для машин, имеющих подшипники скольжения (не более 2—4 мм, § 36-10, Г).

10. Гидравлическое испытание воздухоохладителей при давлении 2—2,5 кгс/см<sup>2</sup> в течение 5—10 мин.

11. Проверка работы машины под нагрузкой. Помимо указанных испытаний для всех генераторов производится снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции. В турбогенераторах напряжение поднимается до 150% номинального, в гидрогенераторах и генераторах постоянного тока — до 130%. Отклонение снятой характеристики от заводской не нормируется. Практически оно не должно выходить за пределы обусловленных погрешностей измерений. Продолжительность работы при наибольшем напряжении (испытание витковой изоляции) — 5 мин.

В генераторах трехфазного тока снижается также характеристика трехфазного короткого замыкания.

Для всех регулируемых электродвигателей производится определение на холостом ходу и под нагрузкой пределов регулирования частоты вращения.

## 36-11. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

### А. Общие положения

Периодичность капитальных и текущих ремонтов электрических машин, работающих в нормальных условиях, устанавлива-

ется главным энергетиком. Как правило, текущий ремонт и обдувка электродвигателей должны производиться одновременно с ремонтом приводимых механизмов.

Капитальный ремонт с выемкой ротора электродвигателей ответственных механизмов, работающих в тяжелых температурных условиях и при загрязненности окружающей среды, должен производиться не реже 1 раза в 2 года.

Электрические машины, длительное время находящиеся в резерве, должны быть готовы к немедленному пуску, периодически осматриваться и опробоваться по графику, утвержденному лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия, цеха, участка.

Персонал цеха, обслуживающий механизм, осуществляет постоянный надзор за нагрузкой электродвигателей (по амперметрам в основной цепи и в цепи возбуждения), температурой подшипников, температурой входящего и выходящего воздуха у машин с замкнутой системой вентиляции, а также уход за подшипниками, операции по пуску, регулированию и остановке (см. § 36-2, А).

Электрическая машина немедленно (аварийно) отключается от сети при:

- а) несчастном случае (или угрозе его) с человеком;
- б) появлении дыма или огня из машины или ее пускорегулирующей аппаратуры;
- в) вибрации сверх допустимых норм, угрожающей целостности машины;
- г) поломке приводимого механизма;
- д) нагреве подшипника сверх допустимой температуры, указанной в инструкции завода-изготовителя;
- е) значительном снижении скорости двигателя, сопровождающемся его быстрым нагревом.

В местной инструкции могут быть указаны и другие случаи, требующие немедленного отключения двигателя или группы машин.

Электродвигатели с принудительной смазкой подшипников должны иметь блокировку, отключающую двигатель при прекращении подачи смазки.

Защита электрических машин должна быть выполнена в соответствии с ПУЭ. На электродвигателях, у которых возможна систематическая перегрузка по технологическим причинам, устанавливается защита от перегрузки, действующая на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение.

При отключении электродвигателя ответственного механизма от действия защиты и отсутствия резервного механизма допускается повторное включение электродвигателя после тщательной проверки схемы управления, защиты и самого двигателя.

Выбор плавких вставок для защиты от многофазных замыканий электродвигателей производится по формуле:  $I$  вставки =  $I_{пуск}/K$ , где  $K=2,5$  для двигателей механиз-

мов с легкими условиями пуска,  $K=2\div 1,6$  при тяжелых условиях пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т. д.)

В процессе работы электрических машин параметры смазки должны поддерживаться в определенных пределах. Нормальная температура подшипников составляет 65—70 °С. Дальнейшее повышение температуры подшипников вследствие уменьшения вязкости масла может вызвать переход жидкостного трения в полужидкостное. Предельно допустимая температура подшипников составляет 80 °С.

В случае принудительной смазки должны быть обеспечены следующие параметры:

температура входящего масла при пуске машины не менее 25 °С, при работе — 35—45 °С;

температура отходящего из подшипников масла 55—65 °С;

избыточное давление масла перед подшипником 0,25—0,5 кгс/см<sup>2</sup>;

перепад температуры масла в маслоохладителе 15—20 °С;

перепад температуры воды в маслоохладителе 10—15 °С.

Амплитуда вибрации каждого подшипника электродвигателя в процессе эксплуатации не должна превышать при частоте 3 000 об/мин 0,05 мм, при 1 500 об/мин — 0,1 мм, при 1 000 об/мин — 0,13 мм, при 750 об/мин и ниже — 0,16 мм. Осевой разбег и воздушные зазоры должны находиться в пределах, указанных в § 36-10, Д.

Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах в пределах от 100 до 105% номинального. При необходимости допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от —5 до +10% номинального.

#### Б. Нагрев машин

В большинстве электрических машин, используемых на промышленных предприятиях, применяется изоляция классов А и В. В крупных машинах и некоторых машинах специального назначения применяется изоляция классов F и H.

Температура частей электрических машин измеряется методом термометра (ртутный термометр, терморезистор, термометр сопротивления) или методом сопротивления. Температура обмоток крупных электрических машин измеряется методом заложения и встраиваемых температурных детекторов при укладке их между катушками в одном пазу.

Метод сопротивления дает среднее значение температуры обмотки. Отношение сопротивлений обмотки в горячем ( $R_2$ ) и холодном ( $R_1$ ) состоянии определяется отношением

$$\text{для меди} \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1},$$

$$\text{для алюминия } \frac{R_2}{R_1} = \frac{245 + \theta_2}{245 + \theta_1}.$$

Этими же отношениями связаны между собой сопротивления при любой из рабочих температур  $\theta_1$  и  $\theta_2$ .

Превышение температуры (перегрев  $\Delta\theta$ ) обмотки, изготовленной из меди, над температурой охлаждающей среды ( $\theta_0$ ), если известны сопротивления обмотки в холодном ( $R_1$ , измеренное при температуре  $\theta_1$ ) и в горячем состоянии ( $R_2$ ), определяется по формуле

$$\Delta\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_0.$$

Для обмоток из алюминия в этой формуле вместо числа 235 подставляется 245.

Предельно допустимые превышения температуры частей электрических машин при температуре охлаждающей среды  $+35^\circ\text{C}$  и высоте над уровнем моря до 1000 м составляют:

а) обмоток переменного тока синхронных и асинхронных машин мощностью 5000 кВ·А и выше или с длиной сердечника 1 м и более при изоляции класса В —  $80^\circ\text{C}$  (измерение методом сопротивления) или  $85^\circ\text{C}$  (измерение встраиваемым термометром);

б) обмоток переменного тока машин до 5000 кВ·А с длиной сердечника менее 1 м, якорных обмоток (соединенных с коллектором) и многослойных обмоток возбуждения всех машин (кроме указанных в пп. «в», «г») при изоляции класса А —  $60^\circ\text{C}$  (измерение термометром) или  $65^\circ\text{C}$  (методом сопротивления), при изоляции класса В — соответственно 75 или  $85^\circ\text{C}$ ;

в) однорядных обмоток возбуждения и стержневых обмоток роторов асинхронных машин при числе стержней в пазу не больше двух при изоляции класса А —  $70^\circ\text{C}$ , при изоляции класса В —  $95^\circ\text{C}$ ;

г) обмоток возбуждения малого сопротивления (имеющих несколько слоев), компенсационных обмоток, изолированных непрерывно замкнутых на себя обмоток, коллекторов, стальных сердечников и других частей, соприкасающихся с обмотками, при изоляции класса А —  $65^\circ\text{C}$ , при изоляции класса В —  $85^\circ\text{C}$ ;

д) контактных колец (защищенных и незащищенных) при изоляции класса А —  $70^\circ\text{C}$ , при изоляции класса В —  $90^\circ\text{C}$ .

Превышение температуры неизолированных обмоток, непрерывно замкнутых на себя, а также стальных сердечников и других частей, не соприкасающихся с обмотками, не должно достигать значений, опасных для изолирующих или других смежных материалов.

Для обмоток синхронных машин с номинальным напряжением более 11000 В предельно допустимые превышения температур должны быть снижены на  $1^\circ\text{C}$  на каждые 1000 В сверх 11000 В.

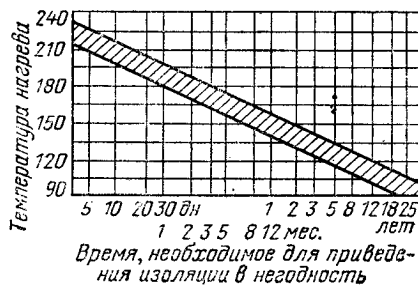


Рис. 36-37. Срок службы изоляции электрических машин.

Одновременное измерение температуры (перегрева) методом сопротивления и методом термометра не требуется. Иногда в дополнение к средним значениям, полученным методом сопротивления, измеряют перегрев в наиболее нагретой точке методом термометра (или по встраиваемому термодетектору). Последний в таких случаях не должен превышать для изоляции класса А —  $70^\circ\text{C}$ , для изоляции класса В —  $90^\circ\text{C}$ .

Срок службы изоляции электрических машин зависит от ее температуры. Графики службы изоляции класса А приведены на рис. 36-37. Для изоляции класса В кривые аналогичны, но располагаются на 20 град. выше.

Допустимое превышение температуры частей синхронных генераторов и компенсаторов зависит от мощности, типа охлаждения и других факторов и указывается в данных завода-изготовителя или соответствующих ГОСТ.

## В. Неисправности электрических машин

В настоящем параграфе рассматриваются характерные неисправности и неполадки в работе электрических машин (обозначены цифрами) и их возможные причины (обозначены буквами), что дает общее направление ремонтных работ. Более подробно рассматриваются вопросы ухода за коллектором.

### 1. Чрезмерный нагрев подшипников скольжения:

а) недостаточная подача масла у машин с принудительной смазкой (неисправности масляного насоса, фильтра или холодильника, малые отверстия в диафрагмах, понижение уровня в напорных баках);

б) в машинах с кольцевой смазкой — заклинивание и деформация смазочных колец, медленное вращение колец (в том числе и вследствие магнитных влияний), низкий уровень масла в камере, зажатие самоустанавливающихся вкладышей;

в) загрязнение масла, попадание воды в масло, неправильный выбор сорта масла, недостаточное охлаждение масла в маслоохладителе;

г) малый зазор между шейкой вала и вкладышем, плохая прилабровка вкладыша, шероховатость шейки вала, неправильная установка линии вала, перекосящий подшипник, сильное натяжение приводного ремня;

д) наличие подшипниковых токов.

2. *Разбрызгивание и течь масла из подшипников скольжения и засос масла внутрь машины:*

а) слишком обильная подача масла, слишком высокое давление в маслопроводе;

б) малые размеры отверстий для стока масла в нижней половине вкладыша или в сливном патрубке;

в) плохая пригонка либо недостаточное количество лабиринтных уплотнений;

г) вентилирующее действие вращающихся частей машины.

3. *Чрезмерный нагрев подшипников качения:*

а) избыток смазки, жесткая смазка;

б) тугие гнезда;

в) начавшееся разрушение элементов подшипника.

4. *Шум в подшипниках качения:*

а) загрязнение;

б) следы ударов, волнистость;

в) начавшееся разрушение элементов подшипника.

5. *Износ подшипников качения, загрязнение подшипника.*

6. *Перемещение в подшипнике качения: слишком свободные гнезда.*

7. *Ржавчина в подшипнике качения:*

а) ненадлежащая смазка;

б) плохое уплотнение.

8. *Уменьшение твердости (отпуск) подшипников качения: нагрев до температуры выше 200 °С.*

9. *Отслаивание в подшипниках качения:*

а) перегрузка, заземление, превышение срока службы;

б) дефекты материала.

10. *Трещины в подшипнике качения:*

а) неправильные размеры шейки и корпуса;

б) слишком слабый подшипниковый корпус, слишком тугое гнездо, блуждающие обоймы, скольжение с трением о другую деталь и резкое нагревание;

в) недостатки материала.

11. *Вибрация машин:*

а) неточная выверка машин при соединении муфтами, неисправность соединительной муфты, искривление вала или овальность шеек;

б) неправильная сшивка ремня;

в) неуравновешенность ротора шкива, муфты (недостаточная балансировка);

г) неправильный зазор между шейками вала и вкладышами подшипников, задевание вала за лабиринты;

д) низкая температура входящего масла;

е) смещение или ослабление обмотки ротора, обрыв стержней ротора;

ж) неправильная осадка или недостаточная жесткость фундамента, резонанс колебаний фундамента с колебаниями машины, перекосящие из-за неравномерной затяжки фундаментных болтов;

з) магнитная асимметрия вследствие эксцентричного расположения ротора относительно статора;

и) витковое замыкание в роторе.

12. *Неполадки при пуске (двигатель не включается, не разгоняется и т. п.):*

а) неправильные соединения в схеме, несоблюдение правил пуска;

б) обрывы цепей, неисправности пусковой аппаратуры;

в) большой момент сопротивления;

г) несоблюдение правил пуска.

13. *Установившаяся скорость вращения при пуске не соответствует номинальной:*

а) неправильное соединение в схеме;

б) напряжение, ток возбуждения или положение щеток отличаются от нормальных;

в) неисправности пусковой аппаратуры.

14. *Напряжение не соответствует номинальному:*

а) чрезмерная потеря напряжения в линии;

б) витковое замыкание полюсных катушек, замыкание в обмотке якоря.

15. *Повреждение изоляции:*

а) размыкание цепи при большом токе возбуждения;

б) загрязнение изоляции; повреждение изоляции от паров кислот, щелочей, хлора и т. д.

в) перегрев машины сверх допустимой температуры (см. п. 17);

г) чрезмерная влажность охлаждающего воздуха (выше 70% относительной влажности).

16. *Низкое сопротивление изоляции обмоток:*

а) загрязнение, влажность, отпотевание;

б) износ изоляции.

17. *Перегревы частей машины:*

а) напряжение сети выше или ниже номинального;

б) перегрузка;

в) недостаток охлаждающего воздуха (водорода и т. д.), высокая температура охлаждающей среды;

г) наличие короткозамкнутых витков, неправильное включение полюсных катушек;

д) загрязнение.

18. *Почернение всех пластин коллектора:*

а) неправильная регулировка или неправильная полярность добавочных полюсов;

б) неправильное давление щеток.

19. *Почернение групп пластин коллектора в регулярной последовательности:*

а) короткое замыкание между сосед-

ними пластинами коллектора или витками обмотки якоря;

б) плохой контакт или разрыв между коллектором и обмоткой якоря.

20. *Почернение коллекторных пластин в нерегулярной последовательности:*

эксцентricность и неровность коллектора, плохая продорожка.

21. *Изнашивание щеток, выкрашивание, трещины, откалывание:*

а) вибрация щеток, большой зазор между щеткой и держателем, слабое нажатие щеток, большое расстояние между щеткодержателем и коллектором (кольцом);

б) ненадлежащая марка или низкое качество щеток;

в) выступающая слюда на коллекторе.

22. *Искрение под щетками:*

а) перегрузка машины;

б) установка щеток не по нейтрали, щетки одного полюса находятся не на одной линии, неодинаковое расстояние между щетками по окружности коллектора;

в) коллектор (кольцо) загрязнен, поверхность коллектора (кольца) неровная или овальная, выступает слюда или часть пластин, деформация коллектора при нагреве;

г) щетки плохо притерты, слабое или неодинаковое нажатие щеток;

д) ненадлежащая марка щеток;

е) заедание щеток в обойме, вибрация щеткодержателей;

ж) неправильная полярность или чередование полюсов (главных и добавочных), ненадлежащие или неравномерные зазоры под добавочными полюсами, неодинаковые расстояния между концами соседних башмаков главных и добавочных полюсов.

23. *Нагревание щеток и арматуры:*

а) искрение под щетками (см. п. 22);

б) перегрузка отдельных щеток;

в) плохой контакт между щеткой и гибким проводником, недостаточное сечение гибких проводников.

24. *Шум щеток:* неровности поверхности коллектора (контактных колец).

25. *Возникновение подшипниковых токов, приводящее к элетролизу масла (почернению), перегреву подшипников, прихватыванию и разъеданию шеек вала, появлению налета баббита на шейке или на буртике вала, выплавлению вкладышей:*

а) несимметрия магнитного поля (междувитковые соединения в обмотке возбуждения синхронных машин, неравномерный воздушный зазор, разъемный статор и т. п.);

б) образование магнитного потока, проходящего по валу и замыкающегося через станину (неравномерный воздушный зазор, несимметричность обмоток статора и ротора в машинах переменного тока);

в) намагничивание вала быстроходных синхронных машин (междувитковое соединение в обмотке возбуждения);

г) короткое замыкание обмотки ротора (якоря) через подшипники (соединение обмотки ротора с валом и одновременно за-

земление во внешней цепи возбуждения);

д) появление электрического заряда в роторе (прерывистое заземление, трение ремня и шкива о воздух).

Уход за коллектором. Бой коллектора (по индикатору) не должен превышать 0,02 мм при диаметре до 250 мм, 0,04 мм при диаметре 300—600 мм, 0,05 мм при диаметре 700 мм и более. Эти величины боя включают в себя величины зазоров подшипников, эксцентricитет подшипниковых щитов, деформацию вала.

При неровностях до 0,2 мм коллектор должен быть отшлифован, от 0,2 до 0,5 мм — прошлифован, более 0,5 мм — проточен.

Проточка коллектора производится с отсосом стружки. Скорость резания не должна превышать 1,0—1,5 м/с, подача резца за 1 оборот не более 0,05—0,1 мм. Скорость вращения коллектора при проточке устанавливается в соответствии с рис. 36-38.

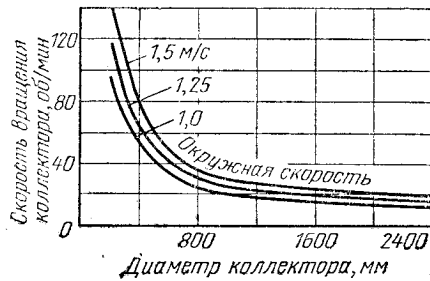


Рис. 36-38. Скорость вращения коллектора при его проточке.

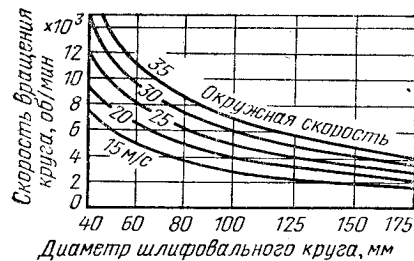


Рис. 36-39. Скорость вращения шлифовального круга при шлифовке коллектора.

Шлифовка коллектора производится мелкозернистыми карборундовыми камнями (марок СТ2 и СТ3), укрепленными на суппорте, при окружной скорости коллектора 10—12 м/с либо при номинальном числе оборотов. Скорость вращения шлифовального круга должна соответствовать данным рис. 36-39.

Шлифовка может также производиться вращающимся мелкозернистым карборундовым кругом диаметром 150—300 мм, предварительно испытанным на полных оборотах. При этом коллектор вращается



с номинальным числом оборотов. Направление вращения шлифовального круга — противоположное коллектору.

Полировка коллектора производится при полных оборотах мелкой стеклянной бумагой (№ 10), наложенной на пригнанный по поверхности коллектора брусок, либо пемзой. Карборундовая и крупнозерни-

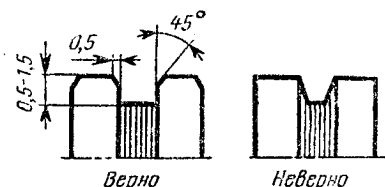


Рис. 36-40. Продороживание изоляции между пластинами коллектора.

стая стеклянная бумага, а также карборундовые камни для полировки не применяются.

Продороживание изоляции между пластинками коллектора производится фрезой либо специальной ножовочной пилой без развода. Глубина продороживания 0,5—1,5 мм (рис. 36-40). Края пластин скашиваются под углом 45° на ширину около 0,5 мм (снимаются фаски).

Очистка поверхности коллектора от угольной пыли производится мягкими сухими неволокнистыми тряпками.

При наличии жира на коллекторе тряпка слегка смачивается спиртом (денатуратом).

Поверхность приработавшегося коллектора должна быть блестящей, со светловишневым оттенком (закись меди); цвет всех пластин одинаковый. Светлая поверхность коллектора получается при износе меди щетками. Опустившиеся пластины чернеют, а поднявшиеся срабатываются и имеют светлый оттенок.

### Г. Испытания электрических машин в эксплуатации

При текущих ремонтах производится измерение сопротивления изоляции обмоток, а при напряжении выше 2 кВ или мощности более 1 000 кВт также отношения  $R_{60} : R_{15}$  изоляции обмоток статора.

При капитальных ремонтах испытания проводятся в объеме и согласно нормам, указанным в § 36-10, 3. Если при капитальном ремонте не производилось замены обмотки, активной стали и т. п., испытания по соответствующим пунктам могут не производиться.

Обязательными испытаниями при любом капитальном ремонте являются (нормы см. в § 36-10, 3):

1) измерение сопротивления изоляции обмоток статора, ротора, термодетекторов, подшипников (а также отношения  $R_{60} : R_{15}$  обмоток статора машин переменного тока

напряжением выше 2 кВ или мощностью более 1 000 кВт);

2) испытание повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин;

3) измерение сопротивления постоянно току обмоток и пускорегулирующих сопротивлений;

4) измерение зазоров между статором и ротора (если позволяет конструкция);

5) измерение зазоров в подшипниках скольжения (если они больше указанных в табл. 36-35, требуется переливка вкладыша);

6) проверка работы на холостом ходу (или с нагруженным механизмом) в течение 1 ч;

7) измерение вибрации подшипников (для двигателей переменного тока амплитуда не должна превышать 0,05 мм при скорости 3 000 об/мин, 0,1 мм — при 1 500 об/мин, 0,13 мм — при 1 000 об/мин, 0,16 мм — при 750 об/мин и менее);

8) измерение разбега ротора в осевом направлении;

9) проверка работы под нагрузкой (мощность не менее 50% номинальной);

10) гидравлическое испытание воздухоохладителя;

11) проверка стержней короткозамкнутых роторов.

## 36-12. МОНТАЖ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

### А. Общие положения

Монтаж высоковольтной аппаратуры производится с соблюдением всех требований § 36-3.

При расположении распределительных устройств в местностях, где воздух содержит вещества, разрушительно действующие на оборудование или снижающие уровень изоляции, должны быть приняты меры, обеспечивающие надежную работу установки — усиление изоляции, систематическая ее очистка, защита от проникновения пыли или вредных газов в помещения распределительных устройств и т. п.

Двери из распределительных устройств должны открываться в направлении других помещений или наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа с внутренней стороны помещения. Двери между помещениями РУ разных напряжений должны открываться в сторону РУ меньшего напряжения. Двери между двумя отсеками РУ должны открываться в обе стороны и не иметь замков.

Ограждения и закрытия выполняются таким образом, чтобы снятие или открывание их было возможно лишь при помощи ключей или приспособлений.

Замки в дверях помещений РУ одного напряжения должны открываться одним и тем же ключом. Ключи от этих помещений не должны подходить к замкам камер.

Открытые распределительные устройства должны отстоять от ближайших деревьев и насаждений высотой более 4 м на расстоянии, исключающем повреждение оборудования при падении деревьев.

Кабельные каналы открытых и закрытых распределительных устройств закрываются несгораемыми плитами. Места, в которых допускается проезд автотранспорта через кабельные каналы, отмечаются маяками — столбиками.

Температура воздуха внутри помещений распределительных устройств в летнее время не должна быть выше 40 °С и превышать температуру наружного воздуха более чем на 15 °С.

В распределительных устройствах подстанций, где имеются взрывные коридоры или коридоры для обслуживания открытых камер, оборудуются вытяжная вентиляция, обеспечивающая 5—6-кратный обмен воздуха в час. Включение электродвигателей вентиляторов производится извне.

Отопление предусматривается только в РУ с постоянным дежурным персоналом в той части помещения, где постоянно находится дежурный персонал.

Все указатели, характеризующие состояние оборудования, располагаются со стороны проходов и должны быть доступны для наблюдения без снятия напряжения.

Уровень масла в маслоуказателях маслонаполненной аппаратуры не должен выходить за пределы маслоуказателя при температуре окружающего воздуха от —40 до +40 °С.

Мастика, применяемая в качестве основной изоляции или заполнителя вводов и аппаратов, должна быть морозостойкой, а масло маслонаполненных вводов защищено от окисления.

Окраска одноименных шин в каждой электроустановке должна быть одинаковой.

Шины окрашиваются в цвета, соответствующие требованиям § 36-3, Б.

В закрытых РУ при переменном трехфазном токе шины должны быть пронумерованы и окрашены следующим образом:

1. Сборные шины: а) при вертикальном расположении: верхняя (А) — в желтый, средняя (В) — в зеленый, нижняя (С) — в красный цвет;

б) при расположении шин горизонтально, наклонно или по треугольнику: шина, наиболее удаленная от персонала (А) — в желтый, средняя (В) — в зеленый, ближайшая к персоналу (С) — в красный цвет;

2. Ответвления от сборных шин: левая шина (А) — в желтый, средняя (В) — в зеленый, правая (С) — в красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания (при наличии трех коридоров — из центрального).

В открытых РУ при переменном трехфазном токе шины должны быть пронумерованы и окрашены следующим образом:

1. Сборные и обходные шины: шина,

ближайшая к силовым трансформаторам (А), — в желтый, средняя (В) — в зеленый, отдаленная (С) — в красный цвет.

2. Ответвления от системы сборных шин: левая шина (А) — в желтый, средняя (В) — в зеленый, правая (С) — в красный цвет, если смотреть из ОРУ на выводы трансформаторов.

3. В ОРУ с гибкой ошиновкой расцветка фаз производится путем окраски арматуры изоляторов на аппаратах.

При постоянном токе шины должны быть пронумерованы и окрашены следующим образом:

1. Сборные шины: а) расположенные вертикально: верхняя (нейтральная) — в белый, средняя (—) — в синий, нижняя (+) — в красный цвет;

б) расположенные горизонтально: наиболее удаленная (нейтральная) — в белый, средняя (—) — в синий, ближайшая (+) — в красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

2. Ответвления от сборных шин: левая шина (нейтральная) — в белый, средняя (—) — в синий, правая (+) — в красный цвет, если смотреть на шины из коридора обслуживания.

В отдельных случаях допускаются отступления от требований с существенным усложнением монтажа или необходимостью установки специальных скруточных опор вблизи шин подстанции для транспозиции проводов воздушных линий.

3. При постоянном токе: положительная шина (+) — в красный, отрицательная (—) — в синий, нейтральная — в белый цвет.

На дверях и внутренних стенах камер помещений закрытых РУ, у оборудования открытых РУ и сборок трансформаторных пунктов, на лицевых частях, задних ограждениях и внутри ячеек КРУ и КРУН должны быть надписи, указывающие назначение присоединений, с единым диспетчерским наименованием.

На дверях РУ вывешиваются предупредительные плакаты.

**Б. Монтаж изоляторов и изоляционных деталей**

Все изоляционные детали и изоляторы, поступающие для монтажа, проходят отбраковку. Мелкие дефекты устраняются, и детали в случае положительных результатов испытаний могут использоваться.

Изоляционные детали, предназначенные для работы в масле, до их установки следуют хранить в масле.

Сильно увлажненные изоляционные детали (угол потерь до 10—12%) сушатся в вакуум-камере (рис. 36-41). Подогрев осуществляется по методу потерь в стали. Толщина стальной стенки камеры 6—8 мм. Камера утепляется асбестом или стеклотканью 10—12 мм. Сверху утепляющей прокладки наматывается намагничивающая обмотка (примерно 200 витков провода сечением 6—10 мм<sup>2</sup> с асбестовой изоляцией).

Питание обмотки осуществляется напряжением 220 В (в период разогрева), а затем 127 В (для поддержания температуры). Производительность вакуум-насоса 4 м<sup>3</sup>/ч.

Режим сушки изоляционных деталей в вакуум-камере:

а) равномерный подъем температуры в камере без вакуума до 60 °С (4—6 ч);

г) равномерный подъем температуры до 70 °С (2—3 ч);

д) прогрев и сушка с дальнейшим постепенным увеличением вакуума до 600 мм рт. ст. при температуре 70—75 °С (2—3 ч);

е) сушка изоляции при указанных в п. «д» параметрах (10—30 ч);

ж) срыв вакуума (рекомендуется для сильно увлажненных деталей), в момент которого в камеру должен поступать осушенный и подогретый до 60—70 °С воздух;

з) постепенное охлаждение до 10 °С в час при вакууме 300—400 мм рт. ст. до температуры на 5—10 °С выше окружающей (5—7 ч).

Детали, имеющие лаковый покров, подвергаются пропитке лаком и запечке.

Опорные изоляторы, поступающие для монтажа, могут иметь следующие дефекты (для устранения дефектов указываются способы устранения):

1. Натек глазури, лысины, пузыри и т. д. Если общая площадь поверхностных дефектов не более 3 см<sup>2</sup>, изолятор пригоден к монтажу.

2. Трещины в теле фарфора или на поверхности глазури. Изолятор к установке не годен.

3. Скол фарфора по кромке, ребру или юбке. При длине скола до 60 мм (по окружности) и глубине до 10 мм место скола покрывается 2 раза глицеральным лаком и просушивается 2 ч при температуре 50 °С. На многоугольных изоляторах допускается не более двух сколов, расположенных на одной вертикальной линии. Изоляторы, имеющие большие сколы, могут быть использованы на напряжении одной-двумя ступенями ниже.

4. Вкрапливание металлических брызг при сварке. Изолятор бракуется. При малых вкраплениях может быть использован на низшем напряжении.

5. Провертывание или качание штыря,

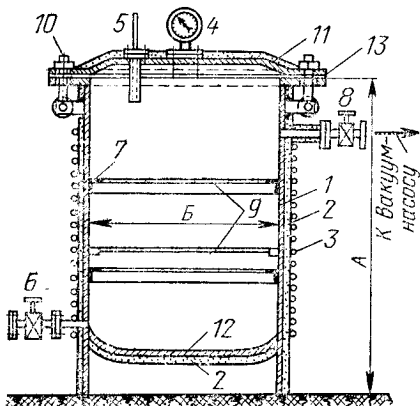


Рис. 36-41. Вакуум-камера для сушки изоляционных деталей с подогревом по методу потерь в стали.

1 — стальной бак; 2 — асбестовое утепление; 3 — намагничивающая обмотка; 4 — вакуумметр; 5 — термометр (до 150 °С); 6 — вентиль для срыва вакуума; 7 — угольник жесткости; 8 — вентиль для включения вакуум-аппарата; 9 — решетки для установки деталей; 10 — откидной блок; 11 — съемная стальная крышка; 12 — днище (приварено к цилиндру); 13 — прокладка из маслоупорной резины.

б) подъем температуры до 65 °С с постоянным увеличением вакуума до 350—400 мм рт. ст. (2—4 ч);

в) прогрев изоляции при указанных в п. «б» параметрах (2—4 ч);

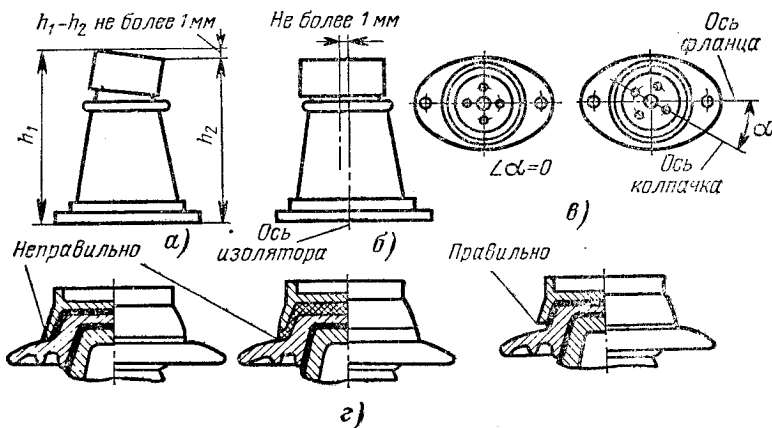


Рис. 36-42. Дефектная армировка изолятора.

а — непараллельность колпачка и фланца; б — несовпадение центра колпачка с осью изолятора; в — несовпадение осей отверстий колпачка и фланца; г — отсутствие зазора в армировке колпачка.

колпачка, фланца; выкрашивание цементующего вещества. Изолятор подлежит переармировке на новом цементующем веществе.

6. Отклонение внешних размеров армированного изолятора от стандартных (отклонение по высоте, непараллельность, смещение центров, несовпадение осей). Изоляторы с одинаковыми отклонениями группируются для установки на одном участке. При этом допускаются отклонения по высоте до  $\pm 1,5$  мм; непараллельность колпачка и фланца (рис. 36-42, а) не более 1 мм; угол  $\alpha$  между осями отверстий колпачка и фланца (рис. 36-42, в) не более  $2^\circ$ ; смещение центра колпачка (рис. 36-42, б) не более 1,5 мм. Отсутствие зазора в армировке колпачка не допускается (рис. 36-42, г). Дефектные изоляторы переармировываются.

Проходные изоляторы напряжением до 35 кВ могут иметь следующие характерные дефекты:

1. Конусность или уменьшенное сечение контактной части стержня. При конусности обработать стержень на станке. Если сечение стержня на 10% меньше номинального, стержень заменяется.

2. Качение (люфт) стержня. Подложить под центрирующие кольца картонные шайбы, поджать нажимные гайки.

3. На бакелитовой втулке токоведущего стержня следы сырости или угол потерь выше нормы (§ 36-14, Г, табл. 36-48). Втулку со стержнем вынуть, произвести пропитку лаком.

4. На поверхности бакелитовой изоляции цаприны и ссадины или нарушено лаковое покрытие. Дефектное место обработать (см. выше).

5. На поверхности заливочной массы следы сырости, поверхность имеет ноздреватый вид, угол потерь выше нормы (§ 36-14, Г, табл. 36-48). Заливочную массу удалить, изолятор подвергнуть восстановлению.

Проходные изоляторы устанавливаются на плитах (железобетонных, асбоцементных, шиферных и т. п.), на стальных листах или при помощи шаблонов.

Выводные линейные изоляторы устанавливаются с углом наклона между осью изолятора и горизонталью не более  $30^\circ$ . Зазор между токоведущим стержнем линейного вывода и его колпачком должен быть пропаян.

Для предотвращения конденсации влаги вокруг линейных выводных изоляторов поверхность плиты, обращенная внутрь помещения, покрывается слоем теплоизоляции толщиной 50—80 мм (стеклянная вата, асбестовая крошка, шлак).

Маслонаполненные вводы должны не иметь течи и быть герметичными. Для проверки отсутствия течи ввод устанавливается вертикально на козлы в помещении с температурой  $15-20^\circ\text{C}$ . Если через 48 ч из уплотнений и швов армировки не появится следов масла, ввод исправен. При обнаружении масляных пятен болты на уплотнениях подтягиваются (поочередно каждый болт, не более чем на  $1/6$  оборота за один прием).

Проверка герметичности производится либо избыточным давлением  $1,5 \text{ кгс/см}^2$  (при этом не должно появляться следов течи), либо созданием вакуума внутри ввода (при вакууме 5 мм рт. ст. скорость повышения давления не должна быть более 1 мм в минуту).

Маслонаполненный ввод устанавливается на особой плите, заделанной в перекрытие, или на отдельных стальных конст-

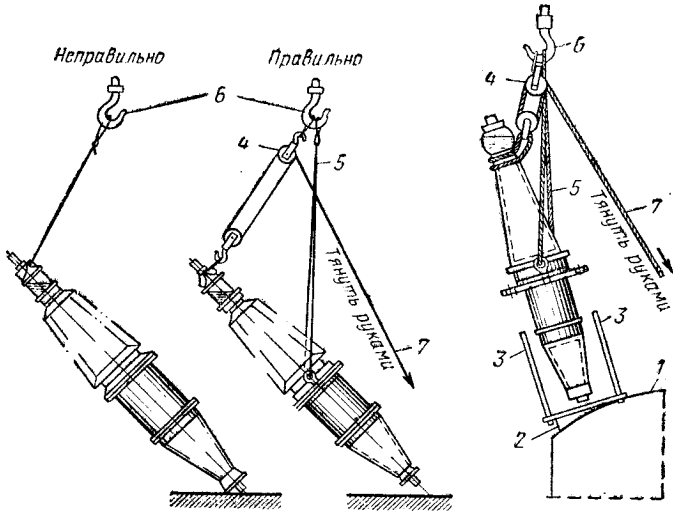


Рис. 36-43. Установка маслонаполненного ввода 110 кВ.

1 — бак выключателя; 2 — фланец; 3 — направляющие стержни длиной 600—700 мм; 4 — блок; 5 — канат пеньковый или стальной; 6 — крюк подъемной тали; 7 — веревка 13—15 мм для поддержания ввода на подъеме.

ружках. Подъем ввода производится за два или четыре ушка (рыма), ввертываемых во фланец изолятора (рис. 36-43).

При вертикальной установке ввода в качестве маслоказателя применяется стеклянный расширитель нормального ввода масляного выключателя. На вводах, предназначенных для горизонтальной или наклонной установки, вместо стеклянного стакана на наружной головке крепится металлический цилиндр, а расширитель и маслоказатель предусматриваются выносными (на стене).

При проверке исправности уплотнений масляная система присоединяется по нормальной схеме, а затем в головке ввода отвертывается пробка, выпускается воздух и определяется количество масла, поступившее из бака. Если объем добавленного масла окажется более 10% масла во вводе, последний бракуется.

### В. Монтаж измерительных трансформаторов

Измерительные трансформаторы должны иметь надежные контакты и достаточное количество масла.

Маслонаполненные трансформаторы напряжения, поступившие на монтаж, подвергаются ревизии с выемкой сердечника (§ 36-7, А). Уровень масла должен соответствовать контрольной черте при температуре воздуха.

Сушка изоляции обмоток измерительных трансформаторов необходима в случаях:

а) снижения электрической прочности масла и сопротивления изоляции обмоток ниже нормы (§ 36-14, Д и 36-9, Б);

б) большой утечки масла и оголения изоляционных частей трансформатора;

в) обнаружения влаги на внутренних деталях;

г) несоблюдения условий, приведенных в § 36-7, Б (для трансформаторов напряжением 35 кВ и выше);

д) повышения угла потерь масла и изоляции обмоток выше нормы (для трансформаторов тока).

Выводы трансформаторов напряжения маркируются, как и в силовых трансформаторах ( $A-X$  и  $a-x$  или  $A-B-C$  и  $a-b-c$ ). Выводы трансформаторов тока  $I_1-I_2$  (первичная обмотка),  $II_1-II_2$  (вторичная обмотка). Способы определения начал и концов обмоток изложены в § 17-6.

Уровень масла в маслонаполненных трансформаторах тока должен быть не ниже дна головки расширителя. При утечке масла не более 0,1 общего объема можно долить трансформатор сухим маслом до нормального уровня. При большей утечке сушка трансформатора необходима.

Уровень масла в трансформаторах тока определяется следующим образом:

а) снимается шинка (если она имеется), соединяющая разрядник с выводом;

б) отвертываются болты, крепящие

крышку к головке, после чего крышка снимается;

в) стержень осторожно опускается внутрь трансформатора через одно из отверстий, имеющихся на дне головки.

Стержень — латунный диаметр 6 мм с закругленными концами и чистой неокисленной поверхностью. Длина стержня при напряжении трансформатора тока 110 кВ — 600 мм (глубина опускания стержня в трансформатор тока 500 мм), при напряжении 35 кВ — 475 мм (глубина опускания 170 мм), при напряжении 10 кВ — 375 мм (глубина опускания 125 мм). Предварительно стержень протирается тряпкой, смоченной в бензине.

Сушка трансформаторов напряжения производится, как и силовых трансформаторов (§ 36-7, В).

Трансформаторы тока до 10 кВ при сушке нагреваются либо первичным током при короткозамкнутой вторичной обмотке (в последней ток должен быть не более 1,3—1,4 номинального), либо вторичным током при короткозамкнутой первичной обмотке (в последней ток не более 1,1—1,2 номинального). Продолжительность сушки 15—18 ч.

Трансформаторы тока 35 кВ и более сушатся горячим воздухом в камере либо в камере под вакуумом (нагрев камеры электрическими печами или по методу потерь в стали, см § 36-12, Б, рис. 36-41). Температура воздуха в камере не должна превышать 60—70 °С, а вакуум 50—60 см рт. ст. Продолжительность сушки 8—10 ч.

Для трансформаторов тока, залитых битумной массой, способ сушки изоляции при короткозамкнутых обмотках не применяется.

Сушка считается оконченной в трансформаторах тока до 10 кВ включительно, если сопротивление изоляции не меняется в течение 3—4 ч, а для маслонаполненных трансформаторов тока, кроме того, электрическая прочность масла и угол потерь должны быть в пределах нормы (§ 36-14, Д). Проба масла берется через 6 ч после заливки.

Несколько трансформаторов тока в одной ячейке для сушки изоляции повышенным током могут соединяться последовательно.

Расстояние от головки (вывода) трансформатора тока до точки крепления подвешенной шины на опорном изоляторе берется по данным проекта. Для типов ТПФ при расстоянии между осями трансформаторов тока  $a=250$  мм и величине ударного тока к. з.  $i_y=106$  кА расстояние до ближайшего опорного изолятора должно быть от верхнего выводного конца не менее 330 мм, от нижнего выводного конца односердечникового трансформатора тока — 220 мм, двухсердечникового — примерно 165 мм.

Если величины  $a$  и  $i_y$  отличаются от указанных, приведенные размеры надо умножить на выражение  $0,425 \cdot a/i_y$ .

Г. Монтаж разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, выключателей нагрузки и предохранителей.

При монтаже разъединителей выполняются регулирование механической части и контактов.

Одновременность включения ножей трехполюсного разъединителя достигается изменением хода поводка или изменением длины штанг (тяг) путем вращения соединительных муфт. Разновременность включения не должна превышать 3 мм для разъединителей до 35 кВ и 5 мм для разъединителей 110 кВ.

Отсутствие при включении ударов ножа о губки неподвижного контакта или о головку изолятора вследствие проскакивания достигается изменением длины тяги или хода ограничителей и упорных шайб, а также небольшими перемещениями изолятора на поколе или губок на изоляторе. При полном включении нож не должен доходить до упора в контактную площадку на 3—5 мм.

Отсутствие люфта привода разъединителя, смещения подшипников и упругих деформаций механизма достигается изменением длины тяг, угла поворота ножей и привода, применением контргайк и пружинящих шайб. При полном включении или отключении холостой ход (люфт) привода не должен превышать 5 град. Смещения подшипников не должно наблюдаться.

Рога на разъединителях наружной установки должны расходиться после того, как губки отойдут приблизительно на 10 мм.

Сигнальные блок-контакты разъединителей срабатывают при включении — в момент касания ножей (губок) и неподвижного контакта, при отключении — после прохождения ножом 75% полного хода (вне контакта).

Усилие, которое прикладывается к середине контактной части ножа разъединителя для его отключения, измеряется динамометром и должно быть не менее 10 кгс при номинальном токе разъединителя до 400 А, 20 кгс при токе 400—600 А, 40 кгс при токе 1000—2000 АН, 80 кгс при токе 3000 А и более. Допускаются отклонения до 10%. При испытании поверхности контактов должны быть сухими (обезжирены).

Приведенные вытягивающие усилия составляют 30—35% нормального давления в контактах, создаваемого нажимными пружинами. При регулировании жесткоежатие пружин не допускается. Между витками (пластинами) пружин должен оставаться зазор около 0,5 мм при максимальном сжатии.

В разъединителях с линейными контактами (разъединители типа РЛО, РЛТ) вытягивающие усилия регулируются изменением давления нажимных пружин и удалением оксидной пленки. При нормаль-

ном вытягивающем усилении давление в контакте также будет нормальным.

В разъединителях с плоскостным точечным контактом проверяются прилегание контактных плоскостей и давление в контактах. При этом плоскости каждой стороны ножа и неподвижного контакта должны иметь не менее трех площадок касания, не лежащих на одной линии. Щуп 0,05×10 мм не должен проходить в глубь контакта более чем на 6 мм. Контактные плоскости обрабатываются бархатным напильником и шлифуются на плите.

После регулирования контактов разъединителей их сопротивление постоянному току должно быть:

для разъединителя типа РЛН 35 — 220 кВ, 600 А — не более 220 мкОм.

для остальных типов разъединителей всех напряжений с номинальным током 600 А — не более 175 мкОм;

при номинальном токе 1000 А — не более 120 мкОм;

при номинальном токе 1500 — 2000 А — не более 50 мкОм.

Отделители и короткозамыкатели монтируются с соблюдением тех же условий, что и разъединители. Дополнительно регулируется привод аппарата (аналогично § 36-12, Д). Время движения подвижных частей отделителя и короткозамыкателя не должно превышать данных табл. 36-37.

Таблица 36-37

**Предельные величины времени движения подвижных частей отделителей и короткозамыкателей**

Номинальное напряжение, кВ	Время, с, от подачи импульса до момента	
	замыкания контактов при включении короткозамыкателя	размыкания контактов при отключении отделителей
35	0,4	0,5
110	0,4	0,7
150	0,5	0,9
220	0,5	1,0

В выключателях нагрузки при включенном положении ножи должны располагаться строго вертикально. Неполное включение ножей недопустимо. Регулирование положения ножей достигается изменением длины тяги. После закрепления рамы ножи должны точно входить в горловины камеры.

Регулирование сцепления привода и выключателя нагрузки производится таким образом, чтобы обеспечить необходимые углы поворота рычага и вала выключателя.

После регулирования привода и смазки трущихся частей выключателя нагрузки производится 25 контрольных включений и отключений, которые не должны вызывать никакой разрегулировки.

Указатели срабатывания предохранителей выключателя нагрузки должны быть обращены вниз.

При монтаже предохранителей ПК необходимо выполнить следующие условия:

трубки с плавкими вставками должны быть герметически запаяны;

предохранители устанавливаются в вертикальном положении, указатель срабатывания обращен вниз;

оси и плоскости контактных выводов одного полюса должны совпадать, а контактные губки плотно охватывать патрон (несовпадение приводит к плохому контакту и преждевременному расплавлению вставки);

контакт подведенной шины с выводами предохранителя должен осуществляться через верхнюю медную накладку вывода, нижняя стальная пластина служит для механической прочности.

#### Д. Монтаж масляных выключателей

При монтаже масляных выключателей всех типов являются общими следующие условия:

1. Не смонтированные выключатели напряжением 20 кВ и выше при длительном хранении, а также все выключатели непосредственно после окончания монтажа и испытаний должны заливаться чистым сухим маслом.

2. Проверка дистанционным приводом должна производиться после закрепления выключателя и привода на фундаменте, регулирования контактов, заполнения бака маслом и смазки механизма. При этом после заливки фундамента или анкерных болтов должно пройти не менее 15—25 суток.

3. Выхлопные (газоотводные) трубы направляются с таким расчетом, чтобы газы и масло не попадали на расположенное вблизи оборудование. Не допускается устройство углов и удлинений выхлопных труб, не предусмотренных заводской конструкцией.

4. Выключатель должен быть многократно опробован приводом (§ 36-14, А, п. 11). Ручными приводами производится до 20 включений и отключений подряд. После проверки никакой разрегулировки механизма и контактов или ослабления креплений наблюдаться не должно. Выключатель должен без задержки возвращаться из любого промежуточного состояния в отключенное положение.

5. В выключателях с подвешенным баком (ВМ и т. п.) под головки стяжных болтов, на которых подвешен бак, должны быть установлены сминающие трубки (шайбы) для предотвращения деформации бака при отключении тяжелых коротких замыканий.

6. При передвижении баковых выключателей, установленных на ступлях, а также собранных выключателей типа МПК

угол наклона их оси от вертикали не должен превышать 15°.

Механические характеристики масляных выключателей регулируются в соответствии с требованиями заводских инструкций или табл. 36-38 и 36-39.

Таблица 36-38

#### Механические характеристики масляного выключателя

Тип выключателя	Ход подвижной части (траверсы), мм	Вжим (ход) контактов, мм	Разновременность замыкания и размыкания контактов в пределах фазы, мм
МКП-220	785—805	7—10	1
МКП-274	1 135—1 185	14—18	2
МКП-160	844—874	14—18	2
МКП-110	500—515	7—10	1
ВМ-35, ВБ-35	275—287	10—14	2
МКП-35	270—290	15—17	4
МГ-35	195—210	9—11	—
МГГ-529	480—520	53—57	5
МГГ-229	410—440	53—57	5
МГ-10(5 000 А)	410—440	88—92	5
МГ-20(6 000 А)	475—500	88—92	5
МГГ-223	395—445	53—57	5
ВМГ-133	245—255	35—45	3
ВМ-22, ВМ-23	195—205	40	6
ВМ-16	128—138	50	4
МГГ-10(3 000 А)	290—300	16—20*	4
		90—95**	
МГГ-10(2 000 А)	290—300	14—20	4
		90—95**	
МГГ-20	475—500	88—92**	4
ВМП-10, ВМП-10К (600—1 000 А)	240—245	55—53	5
ВМП-10, ВМП-10К (1 500 А)	240—245	52—60	5

\* Рабочие.

\*\* Дугогасительные.

Данными табл. 36-39 можно пользоваться при отсутствии заводского протокола испытания масляного выключателя.

Основной механической характеристикой привода масляного выключателя является расстояние между бойком отключающего электромагнита и отключающим рычагом, которое для привода ПС-10 должно быть равно 8 мм, для ПЭ-2—нулю, для ПЭ-31, ПЭ-33, ПЭ-42 и ПЭ50—1—2 мм. Для остальных типов приводов — по заводским данным.

При необходимости измеряется скорость движения подвижных контактов масляных выключателей (способ измерения — см. § 36-15, В). Скорость должна соответствовать табл. 36-40, а для других типов выключателей — данным заводов-изготовителей.

При монтаже проверяются и регулируются контакты выключателей.

В щеточных контактах выключателей щуп 0,05×10 мм не должен входить в отдельные места на глубину более 4 мм, а

Таблица 36-39

Усредненные величины времени движения подвижных частей  
масляного выключателя

Тип выключателя	Тип привода	Время с, от подачи импульса до момента			
		замыкания контактов	остановки подвижных частей	размыкания контактов	остановки подвижных частей
		при включении		при отключении	
МКП-220	ШПЭ-44	0,7—0,8	—	0,04—0,05	—
МКП-160	ПС-30	0,8	0,85	0,07	0,35
МКП-110М	ПЭ-33	0,5—0,6	—	0,04—0,05	—
МКП-110МП	ПЭ-31	0,5—0,6	—	0,04—0,05	—
МГ-110	ПС-30	0,46	0,48	0,054	0,1
ВМ-35, ВМД-35	ПС-10	0,18	—	0,05	—
ВБ-35	ПС-30	0,4	0,45	0,05	0,2
МКП-76	ПВС-150	0,45	0,5	0,1	0,25
МГ-35	ПС-20	0,23	0,236	0,06	0,166
МГ-20	ПС-31	0,65	1,2	0,14	0,37
МГ-10	ПС-31	0,53	0,75	0,12	0,29
МГ-229	ПС-30Г	0,65	0,7	0,15	0,33
МГ-223	ПС-30	0,55	0,65	0,15	0,3
МГГ-20	ПС-31	—	0,65	—	0,2
МГГ-10	ПЭ-2	0,14	0,42	0,11	0,24
ВМГ-133	ПС-10	0,2	0,23	0,1	0,18
ВМП-10, ВМП-10К	ПЭ-11	0,3	—	0,1	—

Таблица 36-40

Скорость включения и отключения масляных выключателей

Тип выключателя	Скорость движения контактов, м/с					
	при включении			при отключении		
	наибольшая	в момент замыкания контактов		наибольшая	в момент размыкания контактов	
		дугогасительных	рабочих		дугогасительных	рабочих
МКП-110М	3,3	1,8	3,3	2,7	1,5	2,3
МКП-110МП	3,5	1,8	3,0	2,7	1,5	2,3
МКП-160	3,0	—	—	2,7	1,45	—
МКП-76	1,8	—	—	2,9	1,3	—
МГ-110	1,7	0,2	1,68	5,0	2,3	4,3
МГ-35	2,5	1,96	2,4	2,7	2,06	2,4
МГГ-10	1,7	—	—	3,0	2,1	—
ВБ-35	—	—	—	—	—	—
(ВМД-35)	1,7	—	—	2,45	1,0	—
ВМ-16	1,65	—	—	1,8—2,2	1,24	—
ВМ-22	1,65	—	—	—	1,5	—
ВМ-23	1,75	—	—	—	1,75	—

величина нажатия (в зависимости от типа выключателя для главных контактов от 6 до 18 кгс, для дугогасительных 6—8 кгс) проверяется динамометром. Регулировка производится изменением положения щеток на башмаке, вертикальным перемещением ножей, перемещением вводных изоляторов. Предварительно щетка контакта зажимается между стальными пластинами, обрабатывается напильником, затем притирается на плите. Число точек касания отрегулированного контакта должно быть в 2 раза больше, чем пластин в щетке.

Для проверки розеточного контакта стержень без смазки вставляется в розетку, и вытягивается с помощью динамометра.

Нажатие (для главных контактов разных типов выключателей от 8 до 25 кгс, дугогасительных — 8 кгс) регулируется заменой пружин в пластинах. При одном ручном включении и отключении отрегулированного контакта число рисок на зачищенной поверхности должно быть равно двойному числу пластин в розетке.

Для точечных и линейных контактов измеряется сжатие пружин и выход наконечника стержня. Давление главных контактов возможно до 35 кгс. Регулировка производится изменением натяга пружин на скользящем контакте, заменой пружин, изменением выхода наконечника стержня путем вывертывания его. На контактных по-



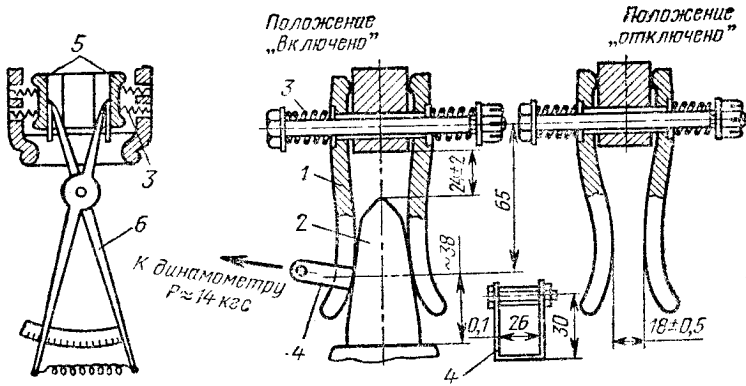


Рис. 36-44. Измерение контактного давления в пальцевых и розеточных контактах.

1 — палец рабочего неподвижного контакта; 2 — нож рабочего подвижного контакта; 3 — нажимные пружины; 4 — приспособление для измерения контактного давления; 5 — контакты; 6 — динамометр.

верхностях снимаются крупные изъяны, а ролик и поверхность ножа на скользящем контакте шлифуются.

Торцевой контакт проверяется замером сжатия пружины и хода контактов. Давле-

ние рабочих контактов порядка 50 кгс. Регулируется перемещение стержня (ножа) по вертикали на несущей траверсе, а в случае эксцентрического расположения стержня — изменением положения вводного изо-

Таблица 36-41

### Предельные величины сопротивления постоянному току контактов масляного выключателя

Тип выключателя	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельное сопротивление контактов выключателя при вводе в эксплуатацию или после капитального ремонта, мкОм	
			всей контактной системы фазы	элементов контактной системы фазы
МКП-220	220	600	1 200*	260***
МКП-274	220	600	600**	—
МКП-180	150	600	960	—
МКП-153, МКП-160	110	600—1000	800	—
ВМ-125	110	600	800	—
МКП-110 (с киритовыми пластинами)	110	600	500	—
МКП-110 (без киритовых пластин)	110	600	1 600	540***
МГГ-110	110	600	1 100	—
МГ-110	110	600	700	—
ВМ-35, ВМД-35, ВБ-35	35	600	550	—
МКП-35	35	600—1 000	300	—
МКП-76	35	600	300	—
МГ-35	35	600	400	—
МГ-20	20	6 000	10	300****
МГ-10	10	5 000	15	300****
ВМП-10	10	600	55	250****
		1 000	40	—
		1 500	30	—
ВМГ-133	6—10	600	100	—
		1 000	75	—
МГГ-223	6—10	2 000	30	250****
МГГ-10	6—10	3 000	20	250****
МГГ-229, МГГ-529, МГГ-20	20	2 000	30	250****
То же	20	3 000	20	—
Выключатели остальных типов	3—10	600	150	—
		1 000	100	—
		2 000	175	—

\* С вводами.

\*\* Без вводов.

\*\*\* Одна камера.

\*\*\*\* Дугогасительный контакт.

лятора. С контактной поверхности снимаются напильником только крупные изъязны.

Пальцевые контакты проверяются динамометром (рис. 36-44). Давление рабочих контактов 14—25 кгс, дугогасящих — 6—8 кгс. На рис. 36-44 указаны размеры для рабочих контактов выключателя МГГ. Контакты регулируются перемещением пальцев на башмаке в пределах  $\pm 1$  мм, выгибанием или изменением натяжения пружин (для дугогасительных — только изменением натяжения пружин). Притирка пальцев производится на плите (проверка щупом  $0,05 \times 10$  мм). Обработка ножей не допускается, дефектный нож подлежит замене. В дугогасительных контактах крупные нагары снимаются напильником. Контакт имеет столько точек касания, сколько в нем пальцев.

Отрегулированные контакты масляных выключателей должны иметь сопротивление (переходное) постоянному току не более допустимого (табл. 36-41).

Температура масла при заливке его в масляный выключатель должна быть выше окружающей температуры и температуры внутренних деталей выключателя на 5—10 °С. Заливку масла в выключатели напряжением 10 кВ и выше рекомендуется производить через центрифугу или фильтр-пресс (§ 36-9, В) и не в сырую погоду.

Изоляция масляных выключателей (древесина, гетинакс и т. д.) напряжением до 10 кВ подлежит сушке, если на изоляционных деталях имеются следы сырости, а также если сопротивление изоляции или угол потерь деталей ниже нормы (§ 36-12, Б, 36-14, Г). Изоляция баковых выключателей 20—110 кВ подлежит сушке во всех вновь полученных или длительное время находившихся без масла выключателях. Сушка производится горячим воздухом в собственном баке выключателя с подогревом по методу потерь в стали или воздуходувкой либо горячим воздухом в сушильной камере или в вакуум-камере (§ 36-12, Б).

Изоляция выключателей с большим объемом масла подлежит сушке, если электрическая прочность масла спустя 24 ч после заливки в бак станет ниже нормы (§ 36-9, Б).

Выключатели наружных (открытых) и неотапливаемых распределительных устройств, где температура окружающего воздуха может быть ниже —25 °С, приводы выключателей, а также агрегатные шкафы оборудуются электроподогревом. Все шарнирные соединения и подшипники выключателей смазываются маслами, имеющими низкую температуру замерзания.

#### Е. Монтаж воздушных выключателей

Для воздушных выключателей справедливы общие указания по монтажу, изложенные в § 36-12, Д.

Характеристики воздушных выключателей после регулировки должны соответствовать данным завода-изготовителя и требованиям табл. 36-42 (в основном при отсутствии заводских данных).

После регулирования контактов воздушного выключателя сопротивление контактов должно быть не более указанного в табл. 36-43.

После регулирования выключателя в целом он проверяется многократным включением и отключением (§ 36-14, Б).

Компрессорные установки, предназначенные для обслуживания воздушных выключателей и разъединителей с пневматическим вводом, должны иметь резервный компрессор. Компрессоры должны пополнять двухчасовой расход воздуха на вентиляцию аппаратов и утечки системы не более чем за 30 мин.

Емкость воздухохранилищ компрессорного давления должна обеспечивать при неработающих компрессорах покрытие суммарного расхода воздуха на одновременное отключение наибольшего количества выключателей, возможное по режиму работы установки, с учетом действия защит и АПВ.

Пропускная способность перепускных или редуцированных клапанов должна обеспечивать восстановление запаса воздуха в резервуарах всех выключателей, которые могут работать одновременно, не более чем за 3—5 мин.

Давление воздуха в резервуарах выключателей должно быть не менее обусловленного заводом-изготовителем (см. также табл. 36-42).

Состояние всего воздушного хозяйства должно быть таким, чтобы нерабочая пауза в работе компрессоров была не менее 30 мин (минимальные утечки, достаточный запас воздуха и т. д.).

Относительная влажность сжатого воздуха, подаваемого к воздушным выключателям или другим аппаратам РУ, должна быть не более 5%. Сушка сжатого воздуха может осуществляться либо термодинамическим способом (превышение компрессорного давления воздуха над рабочим не менее двукратного), либо с помощью влагопоглотителей, либо двумя способами одновременно. Влагопоглотители в последнем случае устанавливаются на стороне сжатого воздуха компрессорного давления.

Места сбора и спуска сконденсированной влаги утепляются и оборудуются подогревом, включаемым при необходимости на время спуска влаги при низких окружающих температурах.

Сжатый воздух, подаваемый к воздушным выключателям или другим аппаратам, должен быть свободен от механических примесей. Очистка воздуха осуществляется фильтрами, устанавливаемыми до компрессора и перед аппаратом. Воздухопровод на участке между распределительным шкафом и резервуаром выключателя выполняется из труб с коррозионно-устойчивой внутренней поверхностью, к разъединителям — из стальных труб.

Компрессорная установка должна

## Характеристики воздушных выключателей

Наименование характеристик (данные на один полюс)	Тип					
	ВВ-15/600	ВВ-15/5000	ВВН-35/600-1000	ВВН-110/800-4000	ВВН-110/2000-4000	ВВ-4001/110/600
Собственное время отключения не более, с (до прихода нижних контактов в крайнее положение)	0,07 (0,3)	0,07 (0,3)	0,07 (0,3)	0,06	0,06	0,035—0,05
Равномерность размыкания контакта гасительной камеры не более, с	—	—	—	0,006	0,006	0,003
Бесконтактная пауза гасительной камеры при отключении, с	—	—	—	0,2—0,25	0,22—0,27	0,15—0,2
Запаздывание размыкания ножа делителя относительно размыкания контактов камеры, с	—	—	—	0,03—0,05	0,04—0,07	0,03—0,05
Разновременность смыкания контактов камеры, включая их вибрацию, не более, с	—	—	—	0,02	0,02	0,005
Длительность вибрации контактов камеры при их смыкании не более, с	—	—	—	0,04	0,04	0,025
Собственное время включения, с	0,3	0,3	0,15	0,3	0,3	0,2—0,3
Разновременность включения фаз, с				0,05	0,05	0,05
Наибольшая скорость конца ножа (для ВВН-35/600-1000 скорость нижнего контакта), м/с: при включении при отключении	—	2,5—3,5 3,5—4,5	— —	16—20 18—21	13—18 14—20	— 20—24
Наименьшее избыточное давление срабатывания, кг/см <sup>2</sup> : при включении при отключении	13 13	13 15	13 13	13 13	13 13	10—12 11—13
Полный ход подвижных контактов камеры, мм	—	—	—	50	50	50
Сброс избыточного давления воздуха за одно отключение при измерении через 30 с после завершения операции, кг/см <sup>2</sup> (расход воздуха, л)	6,5—7 (960)	3,8—4,2 (1 860— 2 060)	4,5—5 (900— 1 000)	2,8—3,1 (1 950— 2 150)	2,8—3,1 (1 950— 2 150)	Не более 3,1 (2 100)
Сброс давления на одно включение, кг/см <sup>2</sup> (расход воздуха, л)	0,5 (70—100)	1,8—2 (880—980)	0,5 (70—100)	0,14 (100)	0,14 (100)	0,15 (100)

Таблица 36-42

Выключателя								
ВВН-110у/800-6000	ВВН-154/800-4000	ВВН-154/800-6000	ВВ-200	ВВН-200/1000-7000	ВВН-200/2000-7000	ВВН-110-6	ВВН-154-8, ВВН-220-10	ВВН-220-15
0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,045	0,05	0,06
0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,004	0,005	0,006
0,2—0,25	0,2—0,25	0,18—0,25	0,2—0,3	0,2—0,28	0,2—0,28	0,13 (±0,02)	0,13 (±0,02)	0,13 (±0,02)
0,025—0,05	0,03—0,06	0,03—0,06	0,06—0,11	0,08—0,12	0,08—0,12	0,03—0,045	0,03—0,045	0,03—0,045
0,02	0,02	—	0,03	0,06	0,06	0,04	0,06	0,08
0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	—	—	—
0,17—0,22	0,3	Около 0,3	0,45	0,45	0,45	0,15	0,2	0,2
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
—	17—21 16—21	11—15 12—16	18—22 20—24	13—17 18—23	13—17 18—23	—	—	—
7—10 7—10	13 13	13 13	13 13	15 15	15 15	15 15	15 15	15 15
50	49(±2)	49(±2)	50(±2)	50(±2)	—	—	—	—
2,5—3,0 (1 740—2 085)	3,3—3,9 (2 290— 2 710)	3,5—3,9 (2 430— 2 710)	3,0—3,5 (3 000— 4 300)	1,8—2,2 (7 200— 8 800)	1,8—2,2 (7 200— 8 800)	2,2—2,6 (до 3 670)	1,9—2,5 (6 000)	Не более 2,9 (6 000)
0,2 (100)	0,14 (100)	0,14 (100)	0,18 (200)	0,075 (300)	0,075 (300)	Практически отсутствует		

Таблица 36-43

## Наибольшее сопротивление контактов воздушного выключателя

Тип выключателя	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Предельное сопротивление контактов, мкОм				
			всего контура фазы	гасительной камеры	одного разрыва камеры	ножа от-делителя	одного разрыва отделе-теля
ВВ-15/600	15	600	120	—	—	—	—
ВВ-15/5500	15	5 500	—	15* 16**	—	—	—
ВВН-35/600	35	600	100	—	—	—	—
ВВН-35/1000	35	100	60	—	—	—	—
ВВН-100/800-4000	110	800	200	150	75	50	—
		2 000	150	100	50	50	—
ВВ-4001-110/600	110	600	500	200	100	250	—
ВВН-110у/800-4000	110	800	200	150	—	50	—
ВВН-110-6	110	2 000	120	40	20	40	20
ВВН-154/800-6000	150	800	300	200—225	—	100—7	—
		2 000	200	150	50	50	—
ВВН-154-8	150	2 000	160	60	20	60	20
ВВН-220-10	220	2 000	200	80	20	80	20
ВВН-220-15	220	2 000	220	100	20	80	20
ВВН-220	220	1 000	400	250	—	150	—
ВВН-220/1000-7000	220	1 000	400	250	—	150	—
		2 000	400	250	—	150	—

\* Рабочие контакты.

\*\* Гасительные контакты.

иметь автоматическое управление, обеспечивающее поддержание нормального давления воздуха.

Блокировка цепей управления воздушных выключателей при понижении давления воздуха ниже допустимого предела должна препятствовать включению, отключению или АПВ выключателя. Однако должно быть обеспечено доведение до конца начавшейся операции или цикла АПВ. Ввод в эксплуатацию и эксплуатация выключателя без такой блокировки не допускаются.

Состояние компрессорной установки, резервуаров аппаратов и других элементов должно удовлетворять «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» Госгортехнадзора.

## Ж. Монтаж реакторов

Ревизия и монтаж реакторов с масляным наполнением производятся с соблюдением требований, приведенных для силовых трансформаторов (§ 36-7).

Бетонный реактор пригоден к установке, если в нем:

отсутствуют трещины в бетоне и в опорных изоляторах;

исправна армировка опорных изоляторов;

надежны крепления изоляторов и вмазка болтов в бетон колонок;

не нарушено лаковое покрытие колонок; не нарушена изоляция витков и нет их деформации;

сопротивление изоляции бетона между витками и на крепежный болт не менее

50 МОм для реактора 3—6 кВ и не менее 100 МОм для реактора 10 кВ.

Сушка бетонного реактора необходима в случаях повреждения лакового покрытия более чем на  $\frac{1}{4}$  поверхности колонки, в случае резкого снижения сопротивления изоляции по сравнению с измеренным на заводе при той же температуре, а также после бетонирования колонок. Перед сушкой оставшиеся лаковые покрытия удаляются.

Для сушки и запечки реактор помещают в огнестойкую камеру, покрытую внутри слоем теплоизоляции (асбест, стеклоткань). Подогрев осуществляется воздуходувкой.

Режим сушки:

а) постепенный подогрев реактора и камеры до температуры 90—100°C (4—5 ч);

б) подогрев реактора (сушка) при 100—110°C (12—24 ч);

в) определение момента окончания сушки (до постоянства величины сопротивления изоляции в течение 3—6 ч);

г) постепенное охлаждение реактора до температуры 65°C (3—4 ч);

д) покрытие поверхности бетонных колонок олифой и соответствующим лаком (0,5—1 ч);

е) первая запечка лакового покрытия при 110°C (6—8 ч);

ж) постепенное охлаждение до 65°C и повторное покрытие бетонных колонок лаком, подогрев до 110°C (7—10 ч);

з) вторая запечка реактора при 110°C (6—8 ч);

и) постепенное охлаждение реактора после окончания второй запечки до температуры на 5—10°C большей, чем температура окружающего воздуха (6—8 ч);

Струя горячего воздуха при сушке не должна направляться на колонки реактора. Температура входящего воздуха не более 120 °С, выходящего из камеры — 105—110 °С.

Сопротивление изоляции высушенного реактора при температуре 100—110 °С должно быть не менее 6 МОм для реактора 6 кВ, 10 МОм для реактора 10 кВ, а при температуре 15—20 °С для реакторов 6—10 кВ — 150—200 МОм.

Бетонная колонка реактора перед монтажом может быть отремонтирована с соблюдением следующих условий:

а) поврежденная колонка до бетонирования опалубливается гладко оструганными досками, слегка покрытыми изнутри вазелином;

б) для схватывания бетон выдерживается 48 ч, после чего опалубка снимается (расчетной прочности бетон достигает через 25—30 суток после бетонирования);

в) реактор подвергается сушке и запечке через 15—30 суток после бетонирования колонки;

г) состав бетона: цемент марки 400—600, песок кварцевый промытый и просушенный, гравий промытый с преобладанием гранита при диаметре зерен до 5 мм в пропорции 1:1:1. Вода — 40—60% массы цемента.

### 3. Монтаж статических конденсаторов

Статические конденсаторы, поступающие на монтаж, могут иметь следующие характерные дефекты:

1. Трещины на выводных изоляторах, непрочная насадка армировки, вспучивания или вмятины бака, отсутствие выхлопной пробки. Такой конденсатор к установке не годен, отправляется для ремонта на завод.

2. Течь масла через швы бака и уплотнения фланцев, наличие масляных пятен на корпусе конденсатора и его упаковке. Размер утечки масла определяется взвешиванием конденсатора или определением уровня масла по звуку при простукивании корпуса. В случае уменьшения веса до 5% нормального или снижения уровня масла на 20 мм швы бака покрываются карбинольным клеем или пропаиваются бескислотным припоем. Дефектные фланцевые уплотнения промазываются маслястойкой замазкой. При большой утечке масла конденсатор к установке не годен.

3. Отклонение емкости от номинальной, повышенный угол потерь. Если емкость конденсатора отличается более чем на ±10%, а угол потерь более 0,4% величины, указанной в заводском протоколе испытаний, конденсатор к установке не годен.

Если на конденсаторе отсутствует паспортная табличка, конденсатор подлежит отправке на завод. При отсутствии клейма ОТК или заводского протокола испытания конденсатор перед установкой должен быть испытан.

Взятие проб масла, доливка или замена масла в конденсаторе не допускаются.

Конденсатор хранится в вертикальном положении в сухом помещении при температуре не выше 35 °С.

Перед установкой на основании данных испытаний конденсаторы распределяются на три группы равной емкости (для получения симметричных плеч).

### И. Монтаж разрядников

Вентильные разрядники всех типов должны устанавливаться вертикально.

Вентильные разрядники напряжением 3—10 кВ в закрытых трансформаторных помещениях устанавливаются на полках либо на специальных кронштейнах. Допускается подвешивать разрядники за специальное ушко, входящее в комплект разрядника.

В закрытых РУ разрядники 20 и 35 кВ размещаются в огражденных камерах, на открытых подстанциях — устанавливаются на металлических конструкциях высотой не менее 2,5 м или на бетонных фундаментах с ограждением.

Разрядники не должны испытывать со стороны проводов, присоединяемых к зажимам, механических усилий более 30 кгс при напряжении 3—10 кВ и 20 кгс при 35 кВ в наиболее неблагоприятных условиях.

Заземляющие проводники разрядников кратчайшим путем присоединяются к общей контуре заземления подстанции.

Трубчатые разрядники устанавливаются с соблюдением следующих условий:

1. Разрядники располагаются так, чтобы максимально возможные зоны выхлопа не перекрывались и не касались друг друга, металлических и деревянных частей, а также изоляции аппаратуры (рис. 36-45). Размеры  $a$  и  $b$  зоны выхлопа указываются для каждого типа разрядников. Для РТВ-110а — 2,2 м, РТВб — 3,5 м, для РТВ-35а — 1,6 м, РТВб — 1,8 м.

2. Во избежание накопления влаги внутри разрядника ось должна быть наклонена к горизонтали под углом не менее 10—15 град., а открытый конец разрядника обращен вниз.

3. Опорная конструкция разрядника должна обеспечивать стабильность внешнего искрового промежутка, а также исключать возможность перекрытия его струей воды, которая может стекать с верхнего электрода. Электроды внешнего искрового промежутка рекомендуются делать из металлических прутков диаметром не менее 10 мм.

4. Крепление разрядника производится за резервуар закрытого конца (противоположный искровому промежутку) двумя стальными хомутами, охватывающими резервуар по канавкам (рис. 36-45). Оно должно исключать вибрации разрядника. Заземляющая проводка должна иметь кратчайшее расстояние до заземлителя.

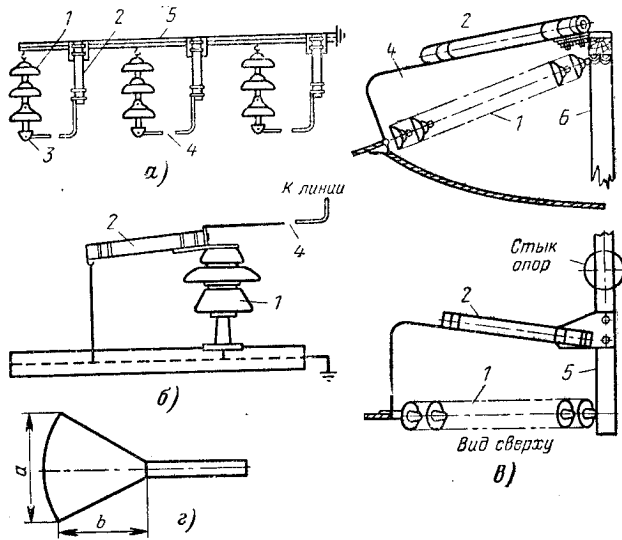


Рис. 36-45. Установка и зона выхлопа трубчатых разрядников.

*а, б* — установка на траверсе опорных конструкций; *в* — установка на линейной опоре (вид сбоку и сверху); *г* — зона выхлопа: 1 — изолятор; 2 — разрядник; 3 — провод линии; 4 — внешний искровой промежуток; 5 — заземленная конструкция; 6 — нога опоры.

5. Разрядник должен устанавливаться так, чтобы был обеспечен свободный доступ к указателям срабатывания и внешнего искрового промежутка с поверхности земли.

#### К. Монтаж заземлений

Заземление электроустановок необходимо выполнять во всех случаях при напряжении переменного и постоянного тока 500 В и выше; в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и наружных электроустановках — при напряжении переменного тока 36 В и выше, постоянного тока 110 В и выше; во взрывоопасных помещениях — при всех напряжениях.

Заземлению подлежат:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- приводы электрических аппаратов;
- вторичные обмотки измерительных аппаратов;

- каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов;

- металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, корпуса кабельных муфт, оболочки и брони контрольных и силовых кабелей и проводов, стальные трубы электропроводки и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования;

- металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников.

В электроустановках с большими токами замыкания на землю сопротивление заземляющих устройств в любое время года

должно быть не более 0,5 Ом. В первую очередь следует использовать естественные заземлители. При этом сопротивление искусственного заземляющего устройства должно быть не более 1 Ом. Расчетным током для заземляющих проводников является наибольший из всех возможных токов однофазного замыкания (установившееся значение), протекающих через заземляющее устройство.

В установках с малыми токами замыкания на землю при напряжении выше 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не более  $250/I$ , Ом, а в случае использования заземляющего устройства одновременно для установок свыше 1000 В и до 1000 В — не более  $125/I$  Ом. Расчетным током ( $I$ ) является полный ток замыкания на землю. В сетях с компенсацией емкостных токов расчетный ток для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие устройства, равен 125% номинального тока этих аппаратов; для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, — остаточный ток замыкания на землю, возникающий в данной сети при отключении наиболее мощного компенсирующего аппарата, но не менее 30 А.

В сетях без компенсации емкостных токов сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом.

В сетях до 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом. При мощности генераторов для трансформаторов (суммарная мощность

параллельно работающих источников питания) до 100 кВ·А допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом.

Повторные заземления в установках с глухим заземлением нейтрали должны иметь сопротивления не более 10 Ом. Сопротивление заземлителя отдельно стоящего молниеотвода должно быть не более 25 Ом.

Заземляющие устройства элементов воздушных линий (ВЛ) электропередачи в период наименьшей проводимости почвы могут иметь повышенные сопротивления. При этом наибольшая величина дополнительного сопротивления (в летний период при отсоединенных тросах) не должна превышать:

а) для заземляющих устройств опор железобетонных, металлических всех типов, тросов на деревянных опорах, опор железобетонных и металлических ВЛ 35 кВ в сетях с малым током замыкания на землю, опор ВЛ 3—20 кВ в ненаселенных местностях — до 10 Ом при удельном сопротивлении земли до  $10^4$  Ом·см, до 15 Ом при сопротивлении земли  $(1-5) \cdot 10^4$  Ом·см, до 20 Ом при сопротивлении земли  $(5-10) \cdot 10^4$  Ом·см, до 30 Ом при сопротивлении земли более  $10 \cdot 10^4$  Ом·см;

б) для заземлителей трубчатых разрядников, устанавливаемых в местах пересечения линий до 20 кВ и в местах с ослабленной изоляцией — 15 Ом;

в) для заземлителей трубчатых разрядников, устанавливаемых на подходах линий к подстанциям, с шинами которых электрически связаны вращающиеся машины, — 5 Ом;

г) для заземляющих устройств опор железобетонных и металлических ВЛ до 1000 В с изолированной нейтралью — 50 Ом.

В сетях до 1000 В с заземленной нейтралью металлические опоры и арматура должны быть соединены с нулевым заземленным проводом.

При использовании земли в качестве провода в районах с большими удельными сопротивлениями земли и в других особых случаях заземления оборудуются в соответствии с требованиями ПУЭ.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться:

а) проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих или взрывчатых газов и жидкостей, а также покрытых изоляцией для защиты от коррозии;

б) обсадные трубы;

в) металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей;

г) металлические шпунты гидротехнических сооружений и т. п.;

д) свинцовые (но не алюминиевые) оболочки кабелей, проложенных в земле;

е) опоры отходящих линий, соединенных с заземляющим устройством при помо-

щи грозозащитного троса линий, если он не изолирован от опоры.

Естественные заземлители (кроме повторных заземлений нулевого провода и металлических оболочек кабелей) должны быть связаны с заземляющими магистралями электроустановки не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяются вертикально погруженные или горизонтально проложенные стальные трубы, угловая и круглая сталь, стальные полосы и т. д., имеющие размеры не менее указанных в табл. 36-44.

Расположенные в земле заземлители и заземляющие проводники не должны иметь окраски. В случаях опасности усиленной коррозии применяются оцинкованные или оцинкованные заземлители.

Применение алюминиевых заземлителей недопустимо во всех случаях.

В качестве заземляющих проводников используются:

а) нулевые проводники сети;

б) металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.);

в) металлические конструкции производственного назначения (подкрановые пути, каркасы распределительных устройств, галерей, площадки, шахты лифтов, подъемников и т. п.);

г) стальные трубы электропроводок;

д) алюминиевые оболочки кабелей;

е) металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей, канализации и центральной отоплени).

Запрещается использовать в качестве заземляющих проводников металлические оболочки трубчатых проводов, металлические оболочки изоляционных трубок, свинцовые оболочки проводов в групповой распределительной осветительной сети.

Заземляющие проводники прокладываются, как правило, открыто. Сечение стальных заземляющих проводников должно соответствовать табл. 36-44. В установках напряжением до 1000 В применяются также медные и алюминиевые заземляющие проводники, которые должны иметь сечение не менее:

голые проводники при открытой прокладке — 4 мм<sup>2</sup> (медь) и 6 мм<sup>2</sup> (алюминий);

изолированные провода — 1,5 и 2,5 мм<sup>2</sup>; заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами — 1 и 1,5 мм<sup>2</sup>.

Во всех сетях с малыми токами замыкания на землю заземляющие проводники, помимо указанных выше ограничений, должны иметь сечение не менее  $\frac{1}{3}$  сечения фазных проводников (для сталеалюминиевых — сечение по алюминию). Не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм<sup>2</sup>, алюминиевых — 35 мм<sup>2</sup>, стальных — 120 мм<sup>2</sup>.



Таблица 36-44

## Наименьшие размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников [Л. 36-1, 36-3]

Вид заземлителей и заземляющих проводников	Наименьшие размеры при прокладке		
	в зданиях	в наружных установках	в земле
Круглые, диаметр, мм . . . . .	5	6	6
Прямоугольные:			
сечение, мм <sup>2</sup> . . . . .	24	48	48
толщина, мм . . . . .	3	4	4
Угловая сталь, толщина полок, мм	2	2,5	4
Стальные газопроводные трубы, толщина стенок, мм . . . . .	2,5	2,5	3,5
Стальные тонкостенные трубы, толщина стенок, мм . . . . .	1,5	Не допускается	

Магистраль заземления (стальные) в производственных помещениях с электроустановками выше 1000 В должны иметь сечение не менее 120 мм<sup>2</sup>, до 1000 В — не менее 100 мм<sup>2</sup>.

В установках до 1000 В с глухим заземлением нейтрали заземляющие проводники выбираются из условия, чтобы при замыкании на корпус или нулевой провод возник ток короткого замыкания, превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или расцепителя автоматического выключателя с обратной характеристикой (времени срабатывания от тока), а в случае автоматов с электромагнитным расцепителем (отсечкой) — в 1,4 раза (при номинальном токе до 1000 А) или в 1,25 раза (для других автоматов) относительно величины уставки. Однако в этих случаях проводимость заземляющих проводников должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

Каждый заземляемый элемент присоединяется к заземлителю или заземляющей магистрали посредством отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых частей установки запрещается.

Присоединение заземляющих проводников к заземлителям производится сваркой, к заземляемому оборудованию — сваркой или болтовым надежным креплением.

При монтаже наружных заземляющих устройств необходимо:

1. Контур располагать на расстоянии 2—3 м от фундаментов сооружений и не менее 1 м от внутреннего забора открытого РУ; полосы выравнивающей сетки — на расстоянии 1 м от фундамента.

2. Прямоугольные магистральные заземляющие шины укладывать на ребро в траншее глубиной 0,5—0,6 м.

3. При параллельной прокладке с кабелями и трубами должно быть выдержано

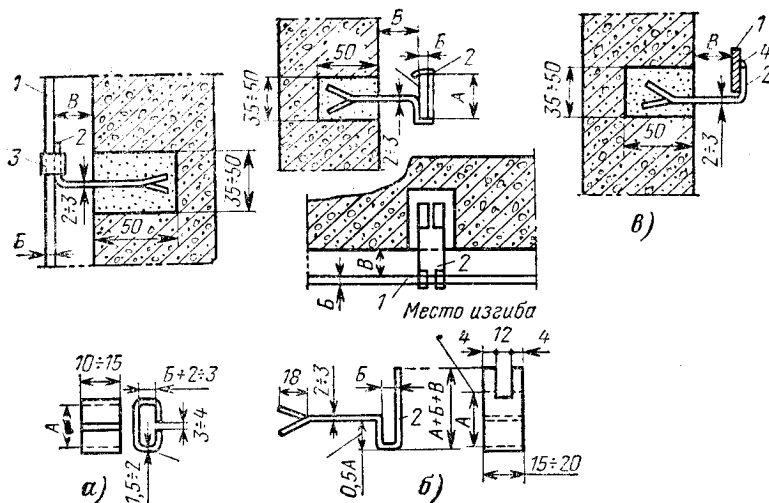


Рис. 36-46. Крепление прямоугольных заземляющих шин.

а — при помощи обоймы; б — при помощи крюка; в — электросваркой на крюке; 1 — шина; 2 — крюк (держатель); 3 — обойма; 4 — шов сварки; АхВ — размер шины; В=15±25 мм.

расстояние в свету не менее 300—350 мм, при пересечениях — не менее 100 мм.

4. Соединение шин между собой, присоединение к трубам и конструкциям выполняется сваркой внахлестку, длина нахлестки не менее двойной ширины полосы. Свариваемые участки предварительно зачища-

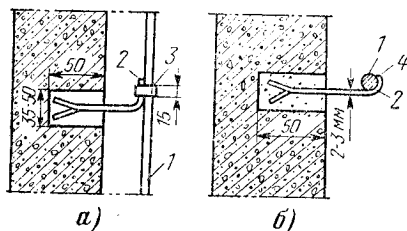


Рис. 36-47. Крепление крупных заземляющих шин диаметром до 15 мм.

а — при помощи обжимы; б — электросваркой на крюке; 1 — шина; 2 — крюк; 3 — обжим; 4 — шов сварки.

ются стальной щеткой до блеска. Проверяется прочность каждого сварного шва (ударами кувалдой).

5. Выносные заземлители укладываются на глубине влажных грунтов или на берегу водоемов. Соединение их с основным контуром РУ производится двумя-тремя полосами по разным трассам.

Ответительные шины внутренней заземляющей проводки прокладываются с расчетом наименьшего расстояния до присоединяемого аппарата. Вся аппаратура присоединяется к заземляющей магистрали параллельно, отдельными ответительными шинами. В местах пересечения заземляющей проводки с кабельными или осветительными линиями должно быть выдержано расстояние в свету не менее 25 мм. Соединение заземляющих шин между собой выполняется внахлестку сваркой.

Для крепления полос применяются закрепы, изображенные на рис. 36-46 и 36-47.

## 36-13. МОНТАЖ ШИННЫХ УСТРОЙСТВ

### А. Шинные материалы

Основные шинные материалы — медь, алюминий, сталь.

Медь применяется — в открытых распределительных устройствах всех напряжений: в камере охлаждения генераторов, синхронных компенсаторов и мощных двигателей; для ошиновки аккумуляторных батарей при токе более 200 А; в открытых и закрытых шинпроводах, прокладываемых снаружи; во всех штепсельных шинпроводах; во всех шинпроводах с большим количеством ответвлений при токе более 200 А

для крановых троллеев в пределах моста крана.

Медь применяется также во взрывоопасных помещениях, в цехах с влажной средой, в движущихся установках, на механизмах, подверженных постоянным сотрясениям и вибрациям, в цепях вторичной коммутации.

Алюминий применяется во всех закрытых распределительных устройствах напряжением 35 кВ и выше, в распределительных устройствах до 10 кВ при токе более 200 А, для ошиновки печей и ванн электролиза, в открытых и закрытых шинпроводах внутри помещений.

Сталь применяется в открытых и закрытых распределительных устройствах при малой нагрузке (в распределительных устройствах до 10 кВ при токе 200 А и менее), для ошиновки аккумуляторных батарей при токе 200 А и менее, в шинпроводах внутри помещений при токах до 200 А при переменном токе и для всех величин постоянного тока; для крановых троллеев.

Жесткие шины, поступающие для монтажа, могут иметь следующие характерные дефекты:

1. Уменьшение сечения полосы вследствие наличия вмятин, выемок и т. д. Для меди допускается уменьшение сечения не более чем на 1%, для алюминия — не более 1,5%. Глубина раковин не должна превышать для меди 0,5 мм, для алюминия — 0,15 мм, а ширина раковин — не более 5 мм. При небольшом превышении допуска в дефектном месте сечение шины увеличивается путем наложения на болты соответствующей пластины, а при большом снижении сечения дефектное место вырезается.

2. Поперечная кривизна (изгиб на ребро). Допускается не более 1 мм на 1 м. Шина правится на плите.

3. Волнистость (изгиб плашмя). Шина правится на плите.

4. Шлаковые включения независимо от размера. Дефектное место вырезается.

5. Слоистость и хрупкость металла, поперечные и продольные трещины независимо от размера. Дефект неустраним, шина к установке не пригодна.

Слоистость и хрупкость, кроме внешнего осмотра, обнаруживаются следующим испытанием: шина широкой стороной (плашмя) изгибается на 180° около валика, диаметр которого равен толщине шины. После испытания не должно появляться трещин или расслоения металла.

На монтажном участке шины хранятся в сухом помещении разложенными по сортам на полках.

Гибкие шины (голые провода) могут иметь следующие характерные дефекты:

1. Обрыв отдельных проволок. Если оборвано больше двух проволок, дефектное место вырезается. При одной оборванной проволоке на место разрыва накладывается проволочный бандаж. При ошиновке дефектное место должно приходиться на спуск или петлю.

2. Неверное направление наружного повива. Дефект неустраним. Провод к установке в открытом распределительном устройстве не годен. Наружный повив провода должен быть в правую сторону, если смотреть по направлению намотки провода на барабан.

3. Узлы (барашки), вмятины, перекрутки, надрезы проволоки. Дефектные места вырезаются.

4. Раскрутка провода против повивов. Дефектные места вырезаются.

5. Химическая коррозия внутренних поверхностей повивов. Провод к установке не годен.

Для осмотра с целью отбраковки провод раскатывается и перематывается на другой барабан.

Временное сопротивление на разрыв отдельных проволок провода должно быть не менее: для медных — 39 кгс/см<sup>2</sup>, для алюминиевых — 16 кгс/мм<sup>2</sup>, а для стальных 120 кгс/мм<sup>2</sup>.

**Б. Установка и крепление шин**

Для повышения жесткости многополосных шин и создания зазора, улучшающего условия охлаждения, между полосами ставятся прокладки (сухари). Расстояние между прокладками определяется расчетом по условиям устойчивости шин при

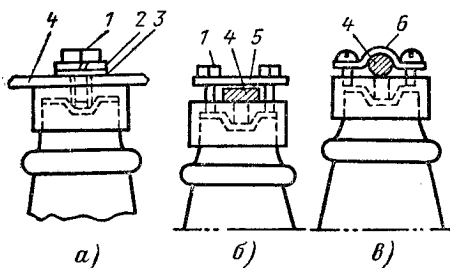


Рис. 36-48. Крепление одной шины.

а — на болтах; б — шинодержателем; в — скобой; 1 — стальной болт; 2 — пружинящая шайба; 3 — нормальная стальная шайба; 4 — шина; 5 — стальная плочка толщиной 4—5 мм; 6 — стальная скоба 1,5—2 мм.

прохождении токов короткого замыкания.

Одна жесткая шина может закрепляться на болтах, шинодержателем или скобой (рис. 36-48).

Пакет прямоугольных шин может располагаться вертикально (на ребро, рис. 36-49) или горизонтально (плашмя).

Детали для крепления шин (шпильки и планки) в шинодержателях при рабочем токе более 1500 А рекомендуется изолировать прокладками из электрокартона. При токах более 2000 А следует применять детали крепления из немагнитных материалов.

Закрепление шинодержателя или шины винтом к колпачку изолятора производится таким образом, чтобы конец винта

не упирался в фарфоровую головку изолятора.

Для обеспечения возможности перемещения шин вдоль их оси при изменениях температуры нагрева оставляется зазор между шиной и крепежной деталью (болтом, планкой) при закреплении шин в шинодержателях (рис. 36-48, 36-49).

Установка жестких шин должна обеспечивать компенсацию изменений длины шин при температурных изменениях (вслед-

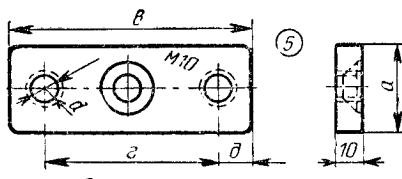
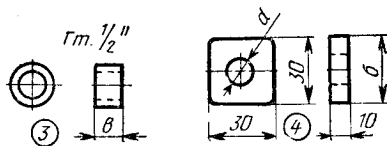
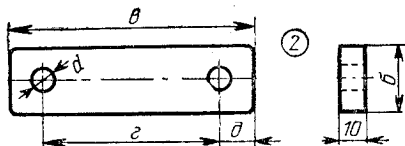
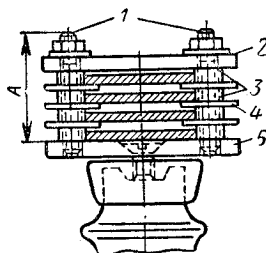
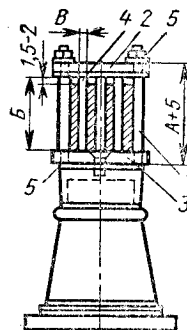


Рис. 36-49. Детали шинодержателя.

1 — стальные шпильки; 2 — верхняя стяжная планка; 3 — опорная шайба; 4 — шайба; 5 — основание.

стве изменения температуры окружающей среды, нагрева рабочими токами и токами короткого замыкания). При соединении оборудования, расположенного на разных фундаментах открытого распределительного устройства, установка жестких шин должна выполняться также с учетом необходимой компенсации упругих деформаций

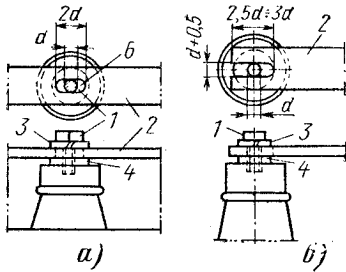


Рис. 36-50. Крепление шинной полосы на опорном изоляторе с учетом удлинения.

*a* — в пролете; *b* — в конце пролета; 1 — крепежный болт; 2 — шина; 3 — пружинящая шайба; 4 — нормальная шайба.

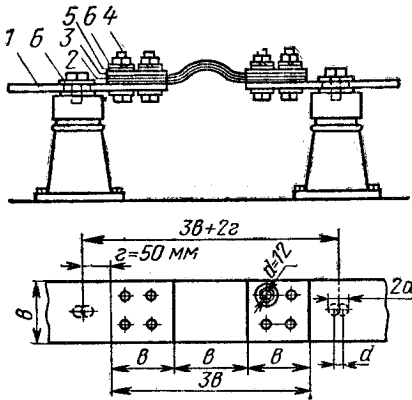


Рис. 36-51. Компенсатор для однополосной шины размером 100×10 мм.

1 — шинная полоса; 2 — компенсатор; 3 — стальная планка толщиной 6—8 мм; 4 — болт стальной; 5 — нормальная шайба; 6 — пружинящая шайба.

соединительных шин при неравномерной осадке фундаментов.

В целях обеспечения указанных компенсаций необходимо:

1) крепление однополосных шин к головке изолятора выполнять в соответствии с рис. 36-50;

2) между верхней планкой и пакетом шин оставлять зазор 1—2 мм;

3) при длине шины более 20—30 м помимо выполнения условий пп. 1—2 устанавливать компенсаторы (рис. 36-51);

4) при подходе шины к вводу аппарата делать особые изгибы (рис. 36-52, а, б), а при больших сечениях полос устанавливать компенсаторы (рис. 36-52, в).

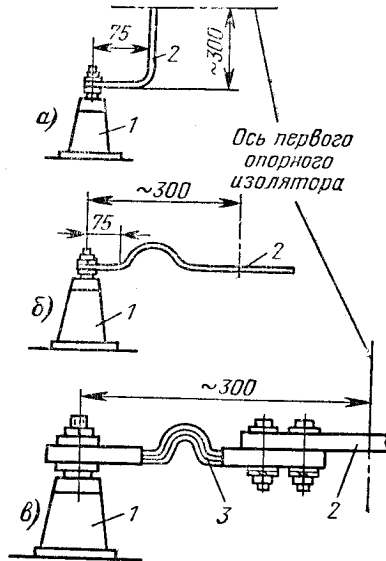


Рис. 36-52. Способы компенсации удлинения шин, присоединяемых к аппарату.

1 — изолятор аппарата; 2 — шины; 3 — компенсатор.

Обычно на каждые 25—30 мм изменения длины шины ( $\Delta L$ ) предусматривается один компенсатор

$$\Delta L = L_1 \alpha (\vartheta_2 - \vartheta_1),$$

где  $L_1$  — длина отключенной шины при наименьшей возможной температуре воздуха ( $\vartheta_1$ , °C);  $\vartheta_2$  — наибольшая возможная температура шины, °C;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала шины,  $\text{м}^{\circ}\text{C}$ .

Пластины компенсатора изготавливаются из листов твердокатаной меди или алюминия (для алюминиевых шин) толщиной 0,2—0,5 мм. Ширина пластин выбирается по ширине шины. Общее сечение пластин компенсатора должно быть не менее сечения шины. Концы компенсатора, присоединяемые к шинам, зажимаются в обойму и свариваются. Число пластин и длина болтов для их соединения принимаются в соответствии с табл. 36-45.

Радиусы изгиба шин по внутренней кромке должны быть не меньше величин, приведенных в табл. 36-46 ( $A$  — ширина полосы,  $B$  — толщина).

Плашмя шины гнутся в холодном состоянии. При изгибе на ребро изгибаемый участок подогревается: алюминий до 250 °C, медь до 350 °C, сталь до 600 °C. Нагрев шин контролируется термопарой или термометром.

Расстояние от линии начала изгиба до оси первого опорного изолятора должно быть не менее 100 мм и не более 0,25 расстояния между осями изоляторов. Расстояние от начала изгиба до ближайшего соединения должно быть не менее 50 мм.

Таблица 36-45

Число пластин в компенсаторе и длина болтов для их соединения

Толщина шин, мм	Число пластин при числе полюсов в пакете			Длина болта, мм, при числе полюсов в пакете		
	1	2	3	1	2	3
16	22	43	65	75	95	120
8	17	33	50	70	85	110
6	13	25	40	60	75	95
5	11	21	33	60	65	80

Таблица 36-46

Минимальные радиусы изгиба шин

Размеры шин (А×В; а) мм	Вид изгиба	Минимальный радиус изгиба по внутренней кромке, мм для материалов		
		медь	алюминий	сталь
До 50×5	На ребро Плалшмя	—	1,5·А 2·В	0,5·А 2·В
		1,5·А 2·В	2·А 2,5·В	А 2·В
До 100×10	На ребро Плалшмя	—	50	70
		—	100	150

В. Соединение шин

Для соединения алюминиевых и сталеалюминиевых шин между собой и присоединения к аппаратам применяются контактные зажимы и болтовые соединения. Для неразборных конструкций применяется сварка. Для соединения алюминиевых и сталеалюминиевых шин и проводов применяются контактные зажимы, предназначенные для алюминия. Соединение шин и проводов из разных металлов должно исключать возможность образования гальванических пар.

Пайка и непосредственное сращивание (свивка) проводов не допускаются.

Контактные поверхности шин перед соединением подвергаются механической обработке (удаление раковин, выпуклостей, снятие оксидной пленки) и лужению (медные и стальные шины).

Соединение жестких шин между собой производится при помощи сжимных накладок или болтовыми соединениями внахлестку (рис. 36-53). Сжимные накладки изготавливаются из стали (соединение шин шириной до 60 мм) или из немагнитного материала: чугуна, бронзы и др.

Для соединения медных и алюминиевых шин может применяться сварка постоянным током электродами из мелкозернистого графита с присадочными стержнями из того же материала, что и шины, и с применением раскислителей. Медные шины

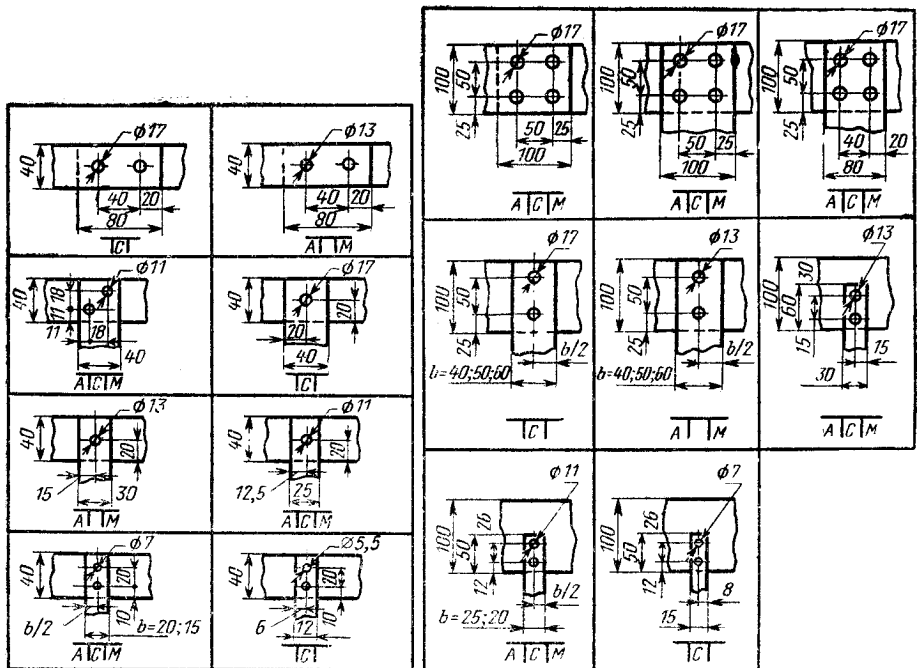


Рис. 36-53. Болтовые соединения шин между собой внахлестку.

А — алюминий; С — сталь; М — медь.

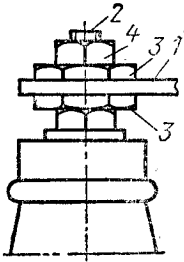


Рис. 36-54. Газное соединение шин с контактом аппарата.

1 — шина; 2 — токоведущий стержень аппарата (12—16 мм); 3 — гайка медная специальная; 4 — гайка латунная нормальная.

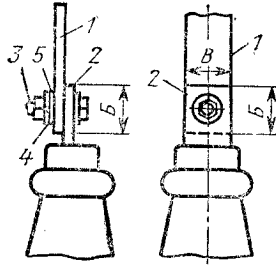


Рис. 36-55. Болтовое соединение шин с контактом аппарата внахлестку.

1 — шина; 2 — контактная площадка аппарата; 3 — болт стальной; 4 — шайба пружинящая; 5 — шайба стальная нормальная.

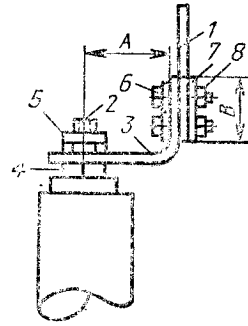


Рис. 36-56. Газное соединение шины с контактом аппарата при помощи переходной планки.

1 — шина; 2 — токоведущий стержень аппарата (16—19 мм); 3 — медная переходная планка; 4 — гайка латунная специальная; 5 — гайка латунная специальная; 6 — болт стальной; 7 — шайба пружинящая; 8 — гайка стальная нормальная.

могут свариваться переменным током от сварочного трансформатора. Сварка ведется встык.

Присоединение жестких шин к контактам аппаратов производится:

а) газным соединением (рис. 36-54) в случае алюминиевых шин размером не более  $60 \times 6$  мм при токе аппарата до 200 А, и в случае медных шин —  $80 \times 6$  мм при токе до 600 А;

б) болтовым соединением внахлестку (рис. 36-55) для медных и алюминиевых шин до  $60 \times 6$  мм при токе до 300 А;

в) газным с помощью переходной медной планки (рис. 36-56) для алюминиевых шин  $80 \times 8$  мм при токе до 600 А;

г) болтовым с помощью зажима (рис. 36-57, а) для алюминиевых шин до  $60 \times 8$  мм при токе до 400 А, для медных шин до  $80 \times 8$  мм при токе 800 А;

д) болтовым с помощью зажима и дополнительной накладки (рис. 36-57, б) при одной-двух шинах;

е) болтовым внахлестку с помощью дополнительной накладки (рис. 36-58) при одной — двух шинах (ток до 1500 А).

Размер  $B$  на рис. 36-55—36-58 равен ширине шины.

Для присоединения алюминиевых шин к аппарату применяются

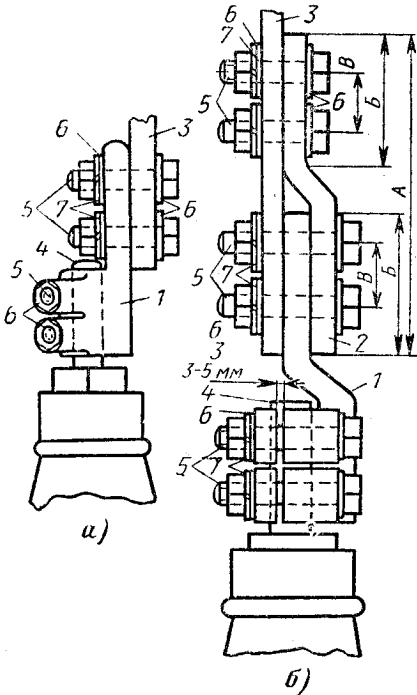


Рис. 36-57. Присоединение шин к контактам аппарата при помощи зажимов.

а — одной полосой; б — двух полос или одной полосой с дополнительной накладкой; 1 — зажим бронзовый (латунный); 2 — накладка или вторая полоса шины; 3 — шина; 4 — медный токоведущий стержень; 5 — болт стальной; 6 — шайба нормальная; 7 — шайба пружинящая.

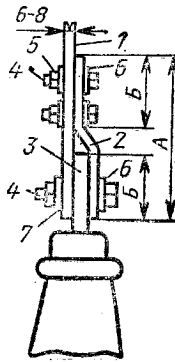


Рис. 36-58. Болтовое соединение шины с контактом аппарата внахлестку при помощи дополнительной накладки.

1 — шины; 2 — дополнительная накладка; 3 — токоведущий стержень; 4—6 — болт, гайка стальная нормальная; 7 — шайба пружинящая.

стальные шайбы увеличенного размера (по диаметру и толщине).

Для соединения гибких шин применяются петлевые (рис. 36-59) и ответвительные (рис. 36-60) зажимы для медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов.

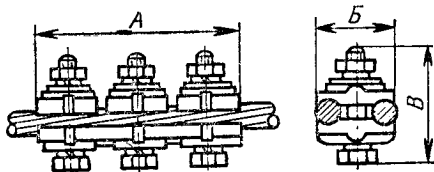


Рис. 36-59. Зажим петлевой болтовой для медных проводов.

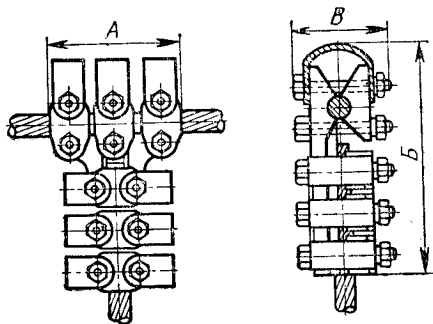


Рис. 36-60. Зажим ответвительный болтовой для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов.

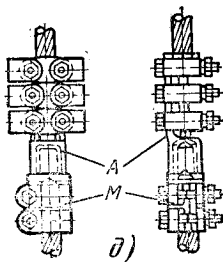
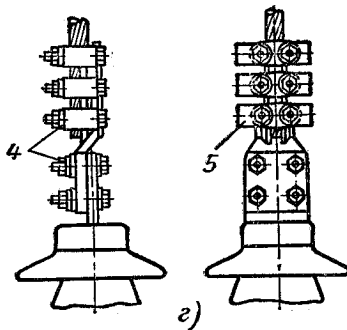
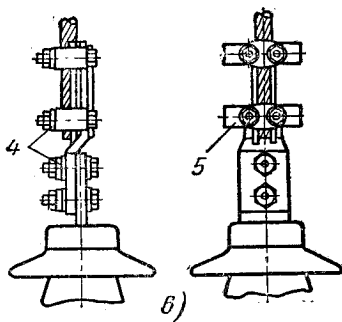
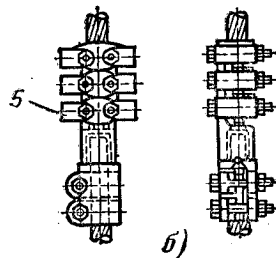
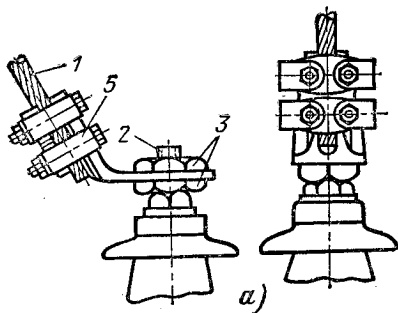


Рис. 36-61. Присоединение проводов к контактам аппаратов открытых распределительных устройств.

*a* — гаечное; *б* — болтовое зажимное; *в* — аппаратное двухболтовое внахлестку; *г* — аппаратное четырехболтовое внахлестку; *д* — болтовое с переходом от меди на алюминий; 1 — провод; 2 — стержень; 3 — гайка латунная специальная; 4 — шайба пружинная; 5 — хомут зажима; А — алюминиевый; М — медь.

Допускается применение прессуемых зажимов.

Для присоединения гибких шин к контактам аппаратов в открытых распределительных устройствах применяются соединения:

а) гаечное с помощью специальных гаек увеличенного размера (рис. 36-61, а) — для алюминиевых (и сталеалюминиевых) проводов до 70 мм<sup>2</sup> при номинальном токе аппарата до 200 А, медных до 150 мм<sup>2</sup> при токе до 600 А;

б) болтовое зажимное под круглый стержень (рис. 36-61, б) — в тех же случаях;

в) болтовое внахлестку (рис. 36-61, в) — для алюминия до 240 мм<sup>2</sup> при токе до 600 А, для меди до 240 мм<sup>2</sup> при токе до 800 А;

г) болтовое внахлестку (рис. 36-61, г) — для алюминия до 240 мм<sup>2</sup> при токе до 800 А, для меди до 240 мм<sup>2</sup> при токе до 1 000 А;

д) болтовое с зажимом для перехода с меди на алюминий (рис. 36-61, д) — для алюминиевых проводов до 150 мм<sup>2</sup> при номинальном токе аппарата до 600 А.

Любые зажимы не должны допускаться к установке при наличии следующих дефектов:

1) трещин в корпусе, плашках, гайках и шайбах;

2) хрупкости материала деталей зажима;

3) раковин любой величины;

4) слоистости металла;

5) шлаковых включений любого размера;

6) неравномерной полудки (оцинковки) внутренних полостей зажима, болтов, гаек и др.

### 36-14. ОБЪЕМ И НОРМЫ ПРИЕМО-САТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

А. Приемосдаточные испытания масляных выключателей

Перед испытанием выключатель должен быть полностью собран и отрегулирован.

1. Измерение сопротивления изоляции подвижных и направляющих частей, вы-

полненных из органических материалов. Производится мегомметром на напряжение 2 500 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 000 МОм при номинальном напряжении выключателя 3—10 кВ, 3 000 МОм — при 15—150 кВ, 5 000 МОм — при 220 кВ.

2. Испытание вводов (§ 36-14, Г). После установки вводов на выключатель должна учитываться возможность повышения значения тангенса угла диэлектрических потерь вводов по сравнению с нормированным.

3. Оценка состояния внутрибаковой изоляции и дугогасительных устройств. Производится для баковых масляных выключателей напряжением 35 кВ, если тангенс угла диэлектрических потерь вводов повышен. Внутрибаковая изоляция подлежит сушке, если после установки вводов на выключатель тангенс угла диэлектрических потерь последних увеличивается более чем на 4—5%.

4. Испытание изоляции выключателя повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин. Величина испытательного напряжения приведена в табл. 36-47. Эти значения на 10% ниже заводского испытательного напряжения.

5. Измерение сопротивления постоянному току контактов масляных выключателей. Производится для контактной системы фазы, а также для каждой пары рабочих контактов выключателя. Величины сопротивлений должны быть не более указанных в табл. 36-41 (§ 36-12, Д).

6. Измерение сопротивления постоянному току обмоток включающей и отключающей катушек. Величины сопротивлений должны соответствовать заводским данным.

7. Измерение скорости включения и отключения выключателей. Производится для выключателей напряжением 35 кВ и выше. Скоростные характеристики выключателей при заполненных маслом баках, температуре окружающей среды от +10 до +20 °С и номинальной величине напряжения оперативного тока не должны отличаться более чем на ±10% от паспортных данных или величин, приведенных в табл. 36-40 (§ 36-12, Д). Способы измерения скорости выключателя — см. § 36-15, В.

Таблица 36-47

Испытательное напряжение промышленной частоты для масляных выключателей

Номинальное напряжение выключателя, кВ		3	6	10	15	20	35	110	150	220
Испытательное напряжение, кВ	при нормальной изоляции	22	29	38	49	58	85	225	290	425
	при облегченной изоляции	12	19	29	43	—	—	—	—	—



8. Проверка времени движения подвижных частей выключателя. Время от подачи импульса до момента замыкания (размыкания) контактов не должно отличаться более чем на  $\pm 10\%$  от паспортных данных или величин приведенных в табл. 36-39 (§ 36-12, Д).

9. Проверка действия механизма свободного расцепления. Механизм свободного расцепления проверяется в работе при включенном положении привода, в двух-трех промежуточных его положениях и на границе зоны действия свободного расцепления.

10. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении. Величина наименьшего напряжения срабатывания катушек отключения (независимо от времени работы привода) должна быть не менее 35%, а напряжения надежной их работы — не более 65% номинального. Напряжение надежной работы (наименьшее напряжение действия привода с заданным временем его работы) контактов включения масляных выключателей должно быть не более 80% номинального. При таком напряжении на зажимах привода в момент включения должно быть обеспечено надежное включение выключателя.

11. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями. Включение и отключение должно производиться при напряжениях на зажимах привода в момент включения 110, 100, 90 и 80% номинального. Количество операций для каждого режима опробования составляет 3—5. Если по условиям работы источника оперативного тока невозможно произвести испытание при напряжении 110% номинального, то допускается проведение испытания при том наибольшем напряжении на зажимах привода, которое может быть получено. Выключатели, предназначенные для работы в цикле АПВ, подвергаются 2—3-кратному опробованию цикла ОВО при нормальном напряжении.

12. Испытание трансформаторного масла из бака выключателя (§ 36-9, Б). Производится для баковых выключателей всех напряжений и малообъемных выключателей 110 кВ и выше.

13. Испытание встроенных трансформаторов тока (§ 36-14, Д).

#### Б. Приемосдаточные испытания воздушных выключателей

Перед испытаниями выключатель должен быть полностью собран и отрегулирован.

1. Измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей и изолирующих тяг. Производится мегомметром на напряжение 2500 В. На опорные изоляторы и изоляторы гасительных камер в случае необходимости перед измерением устанавливаются охранные кольца на внешней поверхности. Сопротивление изоляции опор-

ного изолятора, воздухопровода или тяги должно быть не менее 1000 МОм при номинальном напряжении выключателя до 15 кВ, не менее 3000 МОм при напряжении 20—35 кВ, не менее 5000 МОм при напряжении 110 кВ и выше.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин. Испытание опорной изоляции выключателя, состоящей из многоэлементных изоляторов, проводится приложенному напряжению 50 кВ к каждому элементу изолятора. Опорная цельнофарфоровая изоляция испытывается в соответствии с § 36-14, Г, табл. 36-49.

3. Измерение сопротивления постоянному току контактов выключателя. Измерению подвергаются контакты каждого разрыва камеры, отделителя, ножа и т. п. в отдельности. Предельные величины сопротивления контактов приведены в табл. 36-43.

4. Измерение сопротивления постоянно-му току делителей напряжения выключателей. Сопротивления постоянно-му току делителей напряжения выключателей ВВН-154-8, ВВН-220/2000-10000 должен составлять  $15\,000 \pm 150$  Ом, в выключателях ВВН-154/800-4000, ВВН-154/2000-6000, ВВН-154/800-6000, ВВ-220, ВВН-220/1000-7000, ВВН-220-/2000-7000 сопротивления элементов делителя напряжения  $180\,000 \pm 2\%$  Ом.

5. Измерение сопротивления постоянному току обмоток включающего и отключающего электромагнитов привода. Величины сопротивлений катушек должны соответствовать заводским данным, а при изготовлении новых обмоток — данным табл. 36-58 (§ 36-16, Б).

6. Проверка характеристик выключателя. Характеристики выключателя должны удовлетворять требованиям § 36-12, Е, табл. 36-42.

7. Проверка срабатывания привода выключателя при пониженном напряжении. Напряжение срабатывания электромагнитов управления при наибольшем давлении воздуха в баке должно быть не более 65% номинального.

8. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями. Операции включения и отключения производятся при 5 значениях давления срабатывания выключателя (максимальном, минимальном и 3 промежуточных). Цикл ВО проверяется при двух значениях давления срабатывания (максимальном и минимальном). Циклы ОВ, ОВО, БАПВ и БАПВ неуспешные испытываются при двух значениях давления срабатывания (максимальном и на 2—1 кгс/см<sup>2</sup> меньшем. См. также § 36-16, Б, п. 9, табл. 36-59).

Для выключателей с воздушнонаполненным отделителем кроме испытаний, указанных в п. 8, производится проверка давления, при котором происходит самовключение контактов отделителя, и давления их отлипания. Испытание в цикле БАПВ про-

изводится только для выключателей, предназначенных для работы в этом цикле.

**В. Приемо-сдаточные испытания выключателей нагрузки и предохранителей**

Полностью собранный и отрегулированный выключатель нагрузки испытывается в следующем объеме:

1. Испытание изоляции выключателя повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность испытания — 1 мин. Испытательное напряжение — 29 кВ при номинальном напряжении выключателя нагрузки 6 кВ, испытательное напряжение 38 кВ — при номинальном 10 кВ.

2. Проверка действия механизма свободного расцепления. Производится при включенном положении привода, в 2—3 промежуточных его положениях и на границе зоны действия свободного расцепления.

3. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении. Производится, как и для масляных выключателей (§ 36-14, А, п. 10).

4. Испытание выключателя многократным включением и отключением. Как и масляных выключателей (§ 36-14, А, п. 11).

5. Испытание предохранителей напряжением выше 1 000 В испытываются в следующем объеме:

1. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты (§ 36-14, Г, п. 3, табл. 36-49).

2. Определение целости плавких вставок и токоограничивающих сопротивлений и соответствия их паспортным данным. Плавкие вставки и сопротивления должны быть калиброванными и не иметь обрывов. Г. Приемо-сдаточные испытания вводов и изоляторов (проходных, фарфоровых подвесных и опорных)

1. Измерение сопротивления изоляции производится мегомметром на напряжение 2500 В. Для вводов с бумажно-масляной изоляцией сопротивление изоляции последних обкладок вводов с проходными изоляторами относительно соединительной втулки должно быть не менее 1 000 МОм. В многоэлементных изоляторах (подвесных и опорных) сопротивление изоляции каждого подвесного изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь вводов и проходных изоляторов в основной изоляции из твердого органического материала, кабельных или жидких масс. При температуре от +10 до +30 °С и испытательном напряжении до 10 кВ тангенс угла диэлектрических потерь не должен превышать значений табл. 36-48.

Для вводов и проходных изоляторов с потенциометрическим устройством измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции основной и измерительной обкладок производится отдельно. Для вводов и проходных изоляторов с маслоконденсаторной изоляцией измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции последней обкладки относительно соединительной втулки рекомендуется производить при напряжении 3—4 кВ. При измерении тангенса угла диэлектрических потерь рекомендуется измерять емкость вводов и проходных изоляторов.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность испытания — 1 мин (если основная изоляция вводов или проходных изоляторов состоит из органических твердых материалов или кабельных масс — 5 мин). Величина испытательного напряжения проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно, а также опорных и подвесных од-

Таблица 36-48

**Предельные величины тангенса угла диэлектрических потерь (%) вводов и проходных изоляторов (при температуре +20 °С)**

Объект испытания и вид основной изоляции	Тангенс дельта, при номинальном напряжении, кВ							
	3—15		20—35		60—110		150—220	
	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации
Маслонаполненные вводы и проходные изоляторы с маслобарьерной изоляцией	—	—	3	8	2	5	2	4
Маслонаполненные вводы и проходные изоляторы с бумажно-масляной изоляцией	—	—	—	—	1	1,5	1	1,2
Мастиконаполненные вводы с бакелитовой изоляцией	3	12	2,5	9	2	5	—	—
Вводы и проходные изоляторы с бакелитовой изоляцией	3	12	2,5	8	2	5	—	—

Таблица 36-49

## Испытательное напряжение для вводов и изоляторов

Характеристики изоляции	Номинальное напряжение, кВ								
	3	6	10	15	20	35	110	150	220
Нормальная	25	32	42	57	68	100	265	340	490
Облегченная	14	21	32	48	—	—	—	—	—

ноэлементных изоляторов внутренней и наружной установки указана в табл. 36-49.

При испытании вводов совместно с аппаратом или с обмоткой трансформатора испытательные напряжения приведены соответственно в табл. 36-25 и 36-47.

При испытании опорных многоэлементных изоляторов к каждому склеенному элементу изолятора, а также к каждому элементу штыревых изоляторов прикладывается напряжение 50 кВ.

4. Испытание трансформаторного масла из маслonaполненных вводов (§ 36-9, Б).

Для подвесных и многоэлементных изоляторов после монтажа обязательно лишь одно из испытаний, приведенных в пп. 1 и 3.

Для опорно-стержневых изоляторов проведение электрических испытаний необязательно.

Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производятся. Контроль их состояния осуществляется внешним осмотром.

Д. Приемосдаточные испытания измерительных трансформаторов

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток. Сопротивление изоляции первичных обмоток измеряется мегомметром на 2500 В. Величина сопротивления не нормируется. Величина сопротивления изоляции вторичных обмоток (измеряется мегомметром на 1000 В) также не нормируется, но вместе с присоединенными к ним цепями должна быть не менее указанных в § 36-14, К, п. 1.

2. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток. Производится для трансформаторов напряжением 35 кВ и выше, у которых оба вывода первичной обмотки рассчитаны на номинальное напряжение, а также для трансформаторов тока всех напряжений с основной изоляцией, выполненной из бумаги, бакелита или битуминозных материалов.

Величина тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторов тока (при температуре +20 °С) не должна превышать значений, указанных в табл. 36-50, трансформаторов напряжения — в табл. 36-51.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность испытания — 1 мин (если основная изоляция трансформатора тока выполнена из органических твердых материалов или кабельных масс — 5 мин). Величины испытательных напряжений первичных обмоток для всех трансформаторов тока и трансфор-

маторов напряжения до 35 кВ включительно приведены в табл. 36-47. Для трансформаторов напряжения 110 кВ испытательное напряжение составляет 180 кВ, при номинальном напряжении 150 кВ — испытательное 250 кВ, при номинальном 220 кВ — испытательное 360 кВ. Указанные в настоящем пункте значения не распространяются на измерительные трансформаторы напряжения с ослабленной изоляцией одного из выводов.

Изоляция вторичных обмоток измерительных трансформаторов испытывается совместно с присоединенными к ним цепями напряжением 1 кВ.

Таблица 36-50

## Предельная величина тангенса угла диэлектрических потерь (%) трансформаторов тока (при +20 °С)

Номинальное напряжение, кВ	Тангенс угла диэлектрических потерь для трансформаторов тока			
	маслonaполненных с бумажно-масляной изоляцией		с бакелитовой изоляцией	
	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации	после монтажа или капитального ремонта	в эксплуатации
3—15	—	—	3	12
20—35	2,5	4,5	2,5	8
60—110	2	3,5	2	5
150—220	1,5	2,5	—	—

Таблица 36-51

## Средняя опытная величина тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформаторов напряжения

Номинальное напряжение, кВ	Тангенс угла диэлектрических потерь, %, при температуре обмотки, °С						
	10	20	30	40	50	60	70
10 и ниже	4	5,5	7,4	10	14	19	27
35	2,8	4	5,5	8	11	16	28
110—220	1,8	—	2,5	3,5	5	10	14

Изоляция доступных стяжных болтов испытывается напряжением 1 кВ.

4. Измерение тока холостого хода трансформаторов напряжения. Производится при питании трансформатора со стороны вторичной обмотки ее номинальным напряжением. Величина тока холостого хода не нормируется.

5. Снятие характеристик намагничивания сердечников трансформаторов тока производится до номинального тока, если для этого не потребуется напряжения выше 220 В. При наличии у обмоток ответвлений характеристика снимается на одном из ответвлений. Характеристика не должна существенно отличаться от характеристик однотипных исправных трансформаторов.

6. Проверка полярности выводов (у однофазных) или группы соединения (у трехфазных) измерительных трансформаторов. Полярность и группа соединений должны соответствовать паспортным данным (см. § 36-7, Г).

7. Измерение коэффициента трансформации на всех ответвлениях. Производится для встроенных трансформаторов тока, трансформаторов, предназначенных для учета электроэнергии, и трансформаторов, имеющих переключающее устройство (на всех положениях переключателя). Отклонение не нормируется.

8. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Производится для трансформаторов тока 110 кВ и выше и для связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения. Отклонение сопротивления обмотки на каждом положении переключателя от паспортного или от сопротивления обмоток других фаз должно быть не более 2%.

9. Испытание трансформаторного масла. Проводится после монтажа для измерительных трансформаторов на 35 кВ и выше в соответствии с § 36-9, Б. Для измерительных трансформаторов до 35 кВ проба масла не отбирается. Полная замена трансформаторного масла допускается при неудовлетворительных результатах испытаний изоляции.

10. Испытание вводов. Проводится, если ввод рассчитан на полное номинальное напряжение и имеет основную изоляцию из волокнистых материалов или жидких масс (§ 36-14, Г). Измерение тангенса угла диэлектрических потерь вводов производится при наличии у них вывода от измерительной обкладки.

**Е. Приемосдаточные испытания разъединителей, короткозамыкателей и отделителей**

До испытаний разъединители, короткозамыкатели и отделители должны быть полностью собраны и отрегулированы.

1. Измерение сопротивления изоляции поводков и тяг, выполненных из органических материалов, производится мегомметром на 2500 В, как и для масляных выключателей (§ 36-14, А, п. 1). Многоэлементные изоляторы испытываются в соответствии с § 36-14, Г, п. 1.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Одноэлементные опорные или опорно-стержневые изоляторы испытываются в соответствии с § 36-14, П, п. 3. При недостаточных конструктивных расстояниях между токоведущими частями разъединителей допускаются снижение указанного в § 36-14, Г, п. 3 испытательного напряжения на 20—30%. Для одностержневых изоляторов испытание повышенным напряжением необязательно.

3. Измерение сопротивления контактов постоянному току. Производится для разъединителей и отделителей 110 кВ и выше. Величина сопротивления должна быть не более 150% величины при заводских испытаниях или указанных в § 36-12, Г.

4. Проверка работы разъединителя, короткозамыкателя и отделителя, имеющих электрический привод. Производится в соответствии с § 36-14, А, п. 11. Проверка работы разъединителя при напряжении оперативного тока выше номинального не производится.

5. Определение времени движения подвижных частей короткозамыкателей и отделителей. Время не должно отличаться более чем на  $\pm 10\%$  от величин табл. 36-37.

**Ж. Приемосдаточные испытания шин, комплектных токопроводов, комплектных распределительных устройств (КРУ)**

Шины испытываются в следующем объеме:

1. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с § 36-14, Г, п. 3.

2. Измерение переходного сопротивления контактов сборных и соединительных шин на ток 1000 А и более. Производится выборочной проверкой до 5% контактов. Величина сопротивления участка шины в месте контактного соединения не должна превышать более чем в 1,2 раза сопротивление участка шины той же длины и того же сечения, но без соединения.

3. Проверка болтовых соединений проводов. Соединения подвергаются выборочной проверке на качество затяжки болтов; производится вскрытие 2—3% соединений.

4. Испытание проходных изоляторов (§ 36-14, Г).

Оборудование, присоединенное к токопроводу (генераторы, силовые и измерительные трансформаторы и т. д.), испытывается по программе, приведенной в соответствующих параграфах. Комплектный токопровод испытывается также по программе, указанной для шин, со следующими замечаниями:

а) указанные в § 36-14, Г, п. 3 испытательные напряжения могут быть применены, если токопровод отсоединен от оборудования;

б) измерение сопротивления постоянно-му току производится для всех контактов болтовых и сварных соединений всех токопроводов;

в) производится выборочная разборка 1—2 болтовых соединений токопровода с проверкой качества обработки контактных поверхностей;

г) сварные соединения проверяются по специальной методике.

Для комплектных токопроводов помимо указанных производятся также следующие испытания:

1) Проверка герметичности кожуха токопровода. Производится перед установкой секций токопровода на опорную конструкцию. Утечка воздуха на одно уплотнение при испытательном избыточном давлении 0,05 кгс/см<sup>2</sup> должна быть не более 0,3 кгс/см<sup>2</sup> в час.

2) Проверка нагрева болтовых соединений. Производится по термоиндикаторам при проведении опыта короткого замыкания.

3) Определение температуры нагрева поверхности кожухов токопроводов. Нагрев вблизи станины не должен превышать проектных величин.

4) Определение температуры охлаждающего воздуха, циркулирующего в токопроводе. Производится при введенной в работу системе охлаждения токопроводов. Температура воздуха в любой точке не должна превышать проектных величин.

5) Проверка состояния изоляционных прокладок. Производится перед установкой секции на опорную конструкцию. Сопротивление изоляции измеряется мегомметром на 1 000 В и должно быть не менее 0,1 МОм.

Элементы КРУ (масляные выключатели, измерительные трансформаторы, выключатели нагрузки, вентильные разрядники, предохранители, разъединители, силовые кабели, трансформаторное масло) испытываются в объеме и по нормам, приведенным в соответствующих параграфах. Кроме того, для КРУ должны быть выполнены следующие испытания:

1. Измерение сопротивления изоляционных элементов, выполненных из органических материалов (производится в соответствии с § 36-14, А, п. 1), а также вторичных цепей (§ 36-14, К).

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции токоведущих частей полностью смонтированных ячеек КРУ. Изоляция первичных цепей испытывается напряжением 29 кВ (при номинальном 6 В) или 38 кВ (при номинальном 10 кВ), изоляция вторичных цепей — в соответствии с § 36-14, К.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов сборных шин (см. п. 2 для испытания шин);

б) разъединяющихся контактов первичной цепи (выборочная проверка, сопротивление контактов на ток 400 А — не более 75 мкОм, на ток 600 А — 60 мкОм, на ток 900 А — 50 мкОм, на ток 1 200 А — 40 мкОм);

в) разъединяющихся контактов вторичной цепи (выборочная проверка, сопротивление контактов не более 4 000 мкОм).

4. Проверка выкатных частей и блокировок. После 4—5 выкатываний и выкатываний тележки КРУ проверяется работа механических блокировок, отсутствие повреждений блокировок и заеданий.

3. Приемосдаточные испытания реакторов, дугогасящих, катушек и конденсаторов

Масляные реакторы и дугогасящие катушки испытываются в соответствии с § 36-7, Д, пп. 2, 10, 12 и в некоторых случаях п. 1.

Для сухих реакторов производятся:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления мегомметром на 1 000—2 500 В. Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5 МОм.

Таблица 36-52

**Допустимые отклонения емкости конденсаторов от паспортных данных**

Тип конденсатора	Отклонение емкости, %
Конденсаторы для повышения коэффициента мощности:	
а) при пропитке синтетическими жидкостями	
3,15 кВ { I габарит	+33
{ II габарит	+16,5
6,3 кВ { I габарит	+16
{ II габарит	+8
10,5 кВ { I габарит	+10
{ II габарит	+5
б) при пропитке минеральным маслом	
3,15 кВ { I габарит	+25
{ II габарит	+12,5
10,5 кВ { I габарит	+7,7
{ II габарит	+3,8

Примечание. СМР-55/ $\sqrt{3}$ ; СМ-70/ $\sqrt{3}$ ; СМР-70/ $\sqrt{3}$ ; ДМР-70— +10; СМР-133/ $\sqrt{3}$ ; ОМРЗ-30; ОМРЗ-35— от +2 до -1,5.

2) испытание главной изоляции реактора повышенным напряжением промышленной частоты (§ 36-14, Г, п. 3).

Конденсаторы испытываются в следующем объеме:

1. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегомметром на 2 500 В. Величина сопротивления изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора, а также отношение  $R_{60} : R_{15}$  не нормируются.

2. Измерение емкости. Емкость не должна отличаться от паспортных данных на величину более приведенных в табл. 36-52.

3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Производится для конденсаторов связи, конденсаторов отбора мощности и делительных конденсаторов. При температуре от +10 до +30 °С тангенс угла диэлектрических потерь для конденсаторов с бумажно-масляной изоляцией ти-

пов СМР-55/ $\sqrt{3}$ , СМР-70/ $\sqrt{3}$ , СМ-70/ $\sqrt{3}$ , ДМР-70 должен быть не более 0,4%, для типов СМР-133/ $\sqrt{3}$ , ОМРЗ-30 и ОМРЗ-35 — не более 0,3%.

4. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Продолжительность приложения испытательного напряжения — 1 мин. Испытательное напряжение конденсаторов для повышения коэффициента мощности приведено в табл. 36-53.

Таблица 36-53

**Испытательное напряжение конденсаторов для повышения коэффициента мощности, кВ**

Номинальное напряжение	Испытательное напряжение			
	при испытаниях между обкладками		при испытаниях на корпус	
	после монтажа	в эксплуатации	после монтажа	в эксплуатации
0,22	0,42	0,37	2,1	1,87
0,38	0,72	0,64	2,1	1,87
0,5	0,5	0,85	2,1	1,87
0,66	—	1,1	—	1,87
1,05	2	1,72	4,3	3,75
3,15	5,9	5,15	15,8	13,5
6,3	11,8	10,2	22,3	19
10,5	20	17,2	30	26

Если один вывод конденсатора соединен с корпусом, испытание относительно корпуса не производится. При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания переменным током могут быть заменены испытанием выпрямленным напряжением удвоенной величины.

Величина испытательного напряжения для конденсаторов связи составляет: для СМР-55/ $\sqrt{3}$  и ДМР-70 — 144 кВ, для СМР-70/ $\sqrt{3}$  и СМ-70/ $\sqrt{3}$  — 162 кВ, для СМР-133/ $\sqrt{3}$  — 257 кВ, для ОМРЗ-30 — 59 кВ, для ОМРЗ-35 — 69 кВ.

Изоляция фарфоровой подставки испытывается напряжением 70 кВ переменного тока.

5. Испытание батареи силовых конденсаторов для повышения коэффициента мощности трехкратным включением на номинальное напряжение. Токи в различных фазах не должны отличаться друг от друга более чем на 5%.

**И. Приемосдаточные испытания заземляющих устройств и разрядников**

Заземляющие устройства испытываются в следующем объеме:

1. Проверка состояния элементов заземляющего устройства. Для элементов, находящихся в земле, производится выборочно со вскрытием грунта. Для остальных

элементов — в пределах доступности осмотра.

2. Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами (отсутствие обрывов и неудовлетворительных контактов).

3. Проверка состояния пробивных предохранителей в установках напряжением до 1000 В. Предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению установок.

4. Проверка полного сопротивления петли фаза — нуль в установках напряжением до 1000 В с глухим заземлением нейтрали. Величина сопротивления должна быть такова, чтобы при замыкании между фазами и заземляющими проводниками возникал ток короткого замыкания, превышающий:

а) не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависящую от тока характеристику;

б) в 1,1  $K_p$  раза уставку тока мгновенного срабатывания автоматического выключателя с отсечкой (электромагнитным расцепителем), где  $K_p$  — коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным).

При отсутствии заводских данных для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока короткого замыкания относительно величины уставки должна быть не менее 1,4, для прочих автоматов — 1,25.

Проверка по п. 4 производится для наиболее удаленных и наиболее мощных электроприемников, не менее 10% их общего количества.

5. Измерение сопротивления заземляющих устройств. Величины сопротивлений должны соответствовать нормам, приведенным в § 36-12, К либо соответствующих главах ПУЭ.

Таблица 36-54

**Предельные значения тока проводимости (тока утечки) элементов вентильных разрядников**

Тип разрядника	Выпрямленное напряжение, приложенное к элементу разрядника, кВ	Ток проводимости (утечки) элемента разрядника, мкА	
		нижний предел	верхний предел
РВМ-3	4	400	620
РВМ-6	6		
РВМ-10	10		
РВС-15	16		
РВС-20	20		
РВС-33	32	900	1300
РВС-35	32		
РВМ-3	4,5		
РВМ-6	9	—	(10)
РВМ-10	13,5		
РВП-3	4	—	(10)
РВП-6	6		
РВП-10	10		

Таблица 36-55

**Допустимые величины пробивных напряжений искровых промежутков элементов разрядников при промышленной частоте**

Тип разрядника	Действующее значение пробивного напряжения, кВ	Тип разрядника	Действующее значение пробивного напряжения, кВ
РВП-3	6—11	РВС-15	38—48
РВП-6	16—19	РВС-20	49—60,5
РВП-10	26—30,5	РВС-30	50—62,5
РВВМ-3	7,5—9,5	РВС-33	70—80
РВВМ-6	15—18	РВС-35	78—98
РВВМ-10	25—30		

6. Проверка соответствия сечений или проводимости заземляющих проводников. Сечения должны соответствовать принятым по проекту и требованиям ПУЭ (см. § 36-12, К).

Вентильные разрядки испытываются в следующем объеме:

1. Измерение сопротивления элемента разрядника. Производится мегомметром на 2500 В. Сопротивление не должно существенно отличаться от данных заводских испытаний или от сопротивлений аналогичных разрядников.

2. Измерение тока проводимости (тока утечки). Ток проводимости не должен превышать значений табл. 36-54 или специальных заводских данных.

3. Измерение разрядных напряжений при промышленной частоте. Разрядные напряжения должны находиться в пределах данных табл. 36-55.

Трубчатые разрядники испытываются в следующем объеме:

1. Проверка состояния поверхности разрядников. Производится перед установкой на опору. Наружная и внутренняя поверхности разрядника должны быть ровными, без трещин, расслоений и следов ионизационного разложения изоляционного материала.

2. Измерение величины внутреннего искрового промежутка. Производится перед установкой на опору. Внутренний искровой промежуток (расстояние внутри трубки между пластинчатыми и стержневыми электродами) должен соответствовать номинальным величинам с допусками  $\pm 5$  мм для разрядников 110 и 35 кВ и  $\pm 3$  мм для разрядников 10—35 кВ.

3. Измерение величины внешнего искрового промежутка. Производится на опоре после установки разрядника. Измеренная величина не должна отличаться от проектной.

4. Проверка расположения зон выхлопа. Не должны пересекаться и в них не должны находиться элементы конструкции и провода, имеющие другой потенциал, чем открытый конец разрядника.

К. Приемосдаточные испытания аппаратов, вторичных цепей и электропроводки до 1000 В и аккумуляторных батарей

Аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1000 В испытываются в следующем объеме:

1. Измерение сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции катушек контакторов, магнитных пускателей и автоматов измеряется мегомметром на 500—1000 В и должно быть не менее 0,5 МОм.

Изоляция вторичных цепей управления, защиты, измерения и т. п. проверяется со всеми присоединенными аппаратами (катушки проводов, реле, приборы, вторичные обмотки измерительных трансформаторов и т. п.) мегомметром на 500—1000 В. При этом величина сопротивления изоляции шин (шиннок) постоянного тока и шин напряжения на щите управления (при отсоединенных цепях) должна быть не менее 10 МОм; каждого присоединения вторичных цепей, цепей питания приводов выключателей и разъединителей, а также цепей управления, защиты и возбуждения машин постоянного тока 500—1100 В, при-

Таблица 36-56

### Параметры электролита аккумуляторов

Наименование показателей	Крепкая свежая кислота, сорт Б	Разведенная свежая кислота для заливки в аккумуляторы	Кислота из работающего аккумулятора
Внешний вид	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная без мути
Окраска согласно колориметрическому определению, мл	2,0	0,6	1,0
Удельная масса при 20 °С	1,83—1,833	1,18	1,18—1,21
Моногидрат, %	92—93	24,8	24,6—28,4
Железо не более, %	0,012	0,004	0,008
Мышьяк, %	—	0,0001	—
Хлор, %	—	0,0005	—
Окислы азота, %	—	0,0001	—
Нелетучий осадок, %	—	0,05	—
Реакция на металлы, осаждаемые сероводородом	—	Выдерживает пробу	—
Содержание марганца не более, %	0,0001	0,0001	—
Вещества, восстанавливающие $KMnO_4$	Выдерживает пробу	Выдерживает пробу	—

соединенных к цепям главного тока, — не менее 1 МОм.

Измерение сопротивления изоляции распределительных устройств, щитов и токопроводов напряжением до 1000 В (для каждой секции РУ), силовых и осветительных электропроводов производится мегомметром на 1000 В и должно быть не менее 0,5 МОм. В силовых и осветительных проводках сопротивление изоляции при снятых плавких вставках измеряется на участке между смежными предохранителями или за последними предохранителями между проводом и землей, а также между двумя любыми проводами. Все электроприемники, аппараты, приборы и т. д. отключаются. В осветительных цепях лампочки вывинчиваются, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки должны быть присоединены.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Испытательное напряжение 1000 В прикладывается в течение 1 мин.

3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов с номинальным током 200 А и более. Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Производится 5 включений при напряжении на шинах оперативного тока 90% номинального, 5 включений и отключений при 100%, 10 отключений при 80% номинального.

5. Проверка фазировки распределительных устройств и присоединений. Должно иметь место совпадение по фазам.

Аккумуляторные батареи испытываются в следующем объеме:

1. Проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи. Емкость, приведенная к +25 °С, должна соответствовать заводским данным.

2. Проверка плотности электролита в каждой банке. Плотность заряда и температура в конце заряда и в конце батареи должны соответствовать заводским данным. Температура не выше +40 °С.

3. Химический анализ электролита. Параметры электролита должны соответствовать табл. 36-56 (колонка «разведенная свежая кислота»).

4. Измерение напряжения каждого элемента батареи. Напряжение отстающих элементов в конце заряда не должно отличаться более чем на 1—1,5% от среднего напряжения остальных элементов. Количество отстающих элементов — не более 5%.

5. Измерение сопротивления изоляции батареи. Производится мегомметром на напряжение не более 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 50 кОм при напряжении батареи до 110 В и не менее 100 кОм — при напряжении 220 В.

## 36-15. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

### А. Общие положения

По окончании монтажа распределительных устройств (РУ) до включения их под напряжение должны быть произведены осмотр и испытания оборудования и аппаратуры в соответствии с § 36-14. После капитального или текущего ремонта оборудования и аппаратов, а также в межремонтный период испытания проводятся в соответствии с § 36-16.

Результаты осмотра, испытаний и ремонта оформляются протоколами и записями в паспортах.

Осмотр без отключения РУ производится:

а) на объектах с постоянным дежурством персонала — 1 раз в сутки и, кроме того, в темноте для выявления наличия разрядов, коронирования и пр. в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в мес.;

б) на объектах без постоянного дежурства персонала — не реже 1 раза в месяц, на трансформаторных подстанциях и распределительных устройствах — не реже 1 раза в 6 мес.

После отключения короткого замыкания производится внеочередной осмотр. На объектах без постоянного дежурного персонала внеочередной осмотр производится в соответствии с местными инструкциями в зависимости от мощности короткого замыкания и состояния оборудования.

В зависимости от местных условий (например, усиленное загрязнение) и при неблагоприятной погоде (сильный туман, мокрый снег, гололед и т. п.) открытые РУ подвергаются дополнительным осмотрам.

О всех неисправностях, замеченных при осмотрах РУ, производится запись в эксплуатационный журнал. Устранение замеченных неисправностей производится в кратчайший срок.

При осмотре РУ особое внимание должно быть обращено на:

а) состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличие и исправность замков;

б) исправность отопления и вентиляции;

в) исправность освещения и сети заземления;

г) наличие средств безопасности;

д) уровень и температуру масла в аппаратах и отсутствие течи;

е) состояние контактов;

ж) состояние рубильников щита низкого напряжения;

з) целостность пломб у счетчиков и реле и вращения дисков у счетчиков;

и) состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, наличие разрядов и пр.);



к) работу сигнализации.

**Б. Организация и сроки выполнения ремонта электрооборудования распределительных устройств**

В соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации капитальный ремонт аппаратов распределительных устройств с внутренним осмотром производится:

а) масляных выключателей и их приводов, разъединителей, заземляющих ножей, короткозамыкателей и отделителей и их приводов — не реже 1 раза в 3 года;

б) воздушных выключателей и их приводов — не реже 1 раза в 2—3 года;

в) остальных аппаратов распределительных устройств (трансформаторов тока и напряжения, конденсаторов связи и т. д.) — по результатам профилактических испытаний и осмотров.

Ремонт разъединителей, требующий снятия напряжения с шин или перевода присоединений с одной системы шин на другую, производится только при обнаружении неисправности разъединителя или при необходимости чистки его изоляторов.

Срок внеочередного капитального ремонта выключателя устанавливается ответственным за электрохозяйство предприятия по количеству отключений, выполненных выключателем (или одной его фазой) и коротких замыканий в зависимости от конструкции выключателя, состояния масла, опыта эксплуатации, мощности короткого замыкания в месте установки выключателя, величины сопротивления контактов и т. д.

Правила технической эксплуатации не регламентируют сроки текущих ремонтов. Имеется лишь указание о выполнении их по мере надобности.

Рекомендуются следующие сроки производства текущих и капитальных ремонтов электрооборудования распределительных устройств и подстанций:

1. Выключатели всех типов. Текущий ремонт с наружным осмотром и чисткой — 1 раз в 6 мес. Внеплановые капитальные ремонты:

а) после 4 отключений короткого замыкания при отсутствии АПВ и после 3 — при его наличии;

б) после тяжелых отключений, сопровождающихся выплеском масла, выбросом газов или обгоранием дугогасительных или рабочих контактов;

в) при неудовлетворительном состоянии изоляции;

г) при обнаружении течи масла или механических дефектов;

д) при наличии дефектов в механизме и приводе.

2. Выключатели нагрузки. Текущий ремонт с наружным осмотром и чисткой — 1 раз в 6 мес. Плановый капитальный ремонт — 1 раз в год.

Внеплановые капитальные ремонты:

а) при увеличении диаметра дугогасительной трубки более 10 мм;

б) после числа отключений, превышающего предписанное заводом-изготовителем;

в) после обнаружения дефектов.

3. Разъединители. Текущий ремонт — 1 раз в 6 мес. Капитальный — 1 раз в год при ремонте распределительного устройства. Внеплановый капитальный ремонт при обнаружении внешних дефектов, нагрева контактов или неудовлетворительного состояния изоляции.

4. Силовые предохранители. Чистка — 1 раз в 6—12 мес. Капитальный ремонт — 1 раз в год при ремонте распределительного устройства, а также при спекании наполнителя после отключения короткого замыкания.

5. Приводы высоковольтных выключателей. Осмотр, смазка и проверка действия — 1 раз в 6 мес. при ремонте выключателя. Осенью привод подготавливается к зимним условиям. Капитальный ремонт производится 1 раз в 3 года и при обнаружении дефектов механизма.

6. Реакторы, дугогасящие катушки и заземляющие сопротивления. Текущий ремонт — 1 раз в 6 мес., капитальный — 1 раз в 10 лет.

7. Статические конденсаторы, токоограничивающие сопротивления, плавкие предохранители, выпрямители ртутные и полупроводниковые. Текущий ремонт — 1 раз в 6 мес.

8. Разрядники вентильные. Текущий ремонт — 1 раз в год с наступлением теплой погоды (выше 0°C), причем на выборку вскрывают часть элементов с вилитовыми дисками. Капитальному ремонту разрядники подвергаются по мере надобности при нарушении герметичности, а также в зависимости от результатов выборочного вскрытия и профилактических испытаний.

9. Концевые кабельные муфты и вставки. Текущий ремонт — 1 раз в год, капитальный — 1 раз в 2 года.

10. Заземление распределительных устройств, цепи вторичной коммутации и сигнализации, кабели контрольно-измерительные. Текущий ремонт — 1 раз в год.

11. Шины, контакты. Текущий ремонт — 1 раз в 6—12 мес.

12. Освещение. Текущий ремонт — 1 раз в 2—6 мес.

13. Приборы электроизмерительные и температурного контроля. Неполные испытания (текущий ремонт) — 1 раз в 6—12 мес., полные испытания (капитальный ремонт) — 1 раз в 2—3 года. Меньшие сроки относятся к более ответственным объектам.

14. Двигатель-генераторы. При работе батареи по методу заряд—разряд текущий ремонт производится 1 раз в 6 мес., капитальный — 1 раз в 1—3 года. При работе батареи по методу постоянного подзаряда

текущий ремонт — 1 раз в 3 мес., капитальный — 1 раз в 6—12 мес.

15. Масляное хозяйство (центрифуги, фильтр-прессы, насосы, масловарки, воздухоудовки, вакуумные печи, сушильные шкафы). Текущий ремонт — 1 раз в 6 мес., капитальный — 1 раз в год.

16. Грузоподъемные приспособления и тележки. Текущий ремонт и испытание грузоподъемности — 1 раз в год.

17. Подъездные и перекатные пути. Текущий ремонт — 1 раз в год, капитальный — 1 раз в 4—10 лет.

18. Конструкции открытых распределительных устройств. Текущий ремонт — 1 раз в 6—12 мес. Капитальный ремонт с окраской металлических конструкций — 1 раз в 5 лет.

#### В. Ремонт и эксплуатация выключателей

Капитальный ремонт выключателей производится на их фундаментах со сливом масла и вскрытием люка (например, выключателей типа МП), либо в их ячейках с опусканием бака без слива доброкачественного масла (например, выключателей типа ВМ), либо с разборкой и ревизией цилиндров в мастерской (МГГ, ВМГ и др.).

Сливать масло из бака и оголять изоляционные детали выключателя в сырую погоду (дождь, туман) не рекомендуется.

При капитальном ремонте выключателей выполняются следующие основные операции:

1. Проверка отсутствия трещин и других дефектов в крышке и баке, отсутствие течи и просачивания масла. Проверка исправности швов сварки бака, деталей и конструкций.

2. Проверка надежности сварного соединения заземляющих полос с опорными конструкциями.

3. Проверка отсутствия дефектов на фарфоровых изоляторах и тягах (трещин или следов электрической дуги на изоляторах, трещин в швах и деталях армировки, сколов фарфора).

4. Проверка отсутствия смещения бака на фундаменте или опорных конструкциях; подтягивание болтов в соединениях и креплениях.

5. Проверка затяжки болтов и гаек, исправности шплинтов, пружинящих шайб, замков и штифтов в валах, рычагах, подшипниках.

6. Очистка и протирка бензином и последующая смазка (солидолом Л) всех частей.

7. Ревизия и заполнение маслом буферных устройств (машинное масло С). Проверка ограничителей хода.

8. Ревизия и замена дефектных фланцевых уплотнений (в патрубках, кранах, крышке лаза и т. д.).

9. Проверка сообщаемости маслоуказателя с баком.

10. Разборка газоотвода (выхлопной трубы), проверка фильтра, проверка аварийных клапанов, замена дефектных мембран и пружин. Замена сминающихся шайб под крышкой.

11. Отбор пробы масла из бака выключателя за исключением малообъемных. Ревизия мастиконаполненных вводов со вскрытием колпачка.

12. Разборка и чистка контактов шин, присоединенных к аппарату.

13. Проверка соприкосновения контактов после сборки (§ 36-12, Д).

14. Ревизия (разборка) болтового присоединения заземляющей шины.

15. Замена, очистка или сушка масла в многообъемных выключателях при неудовлетворительном качестве масла (§ 36-9).

16. Проверка отсутствия копоти, следов разряда и ожогов электрической дугой на вводах, тягах, экранах и других деталях.

17. Удаление шлама, чистка и протирка бака и внутренних деталей (тряпки сухие и чистые без ворса, бензин 1-го сорта).

18. Испытание изоляции (вводы, тяги, экраны, газоотводные трубы и т. д.). Проверка соприкосновения изоляции вторичных обмоток встроенных трансформаторов тока, соленоидных катушек, цепей оперативного тока (§ 36-16, 36-14).

19. Проверка скорости при включении и отключении выключателя.

Особое внимание уделяется приводу выключателей. Ниже приводятся характерные неполадки электромагнитного привода и способы их устранения.

1. При дистанционном включении или отключении привод тронулся с места и остановился. Причина — перекос рычагов или смещение в сторону одного из валиков и заклинивание всего механизма. Если перекос или заклинивание не устраняется вручную, необходимо перебрать рычажную систему.

2. Сердечник включающего электромагнита не втягивается до конца или не трогается с места. Необходимо проверить исправность секций катушек включения и правильность их присоединения к зажимной сборке; проверить вольтметром напряжение на зажимах привода в процессе включения.

3. Не возвращается сердечник отключающей катушки после прекращения питания. Необходимо путем поворачивания сердечника отключающего соленоида в различные положения проверить отсутствие его изгиба, наличие латунной шайбы в междуполюсном промежутке, убедиться в отсутствии густой смазки; проверить отсутствие побочного питания катушки.

4. Выключатель включился, но сразу же после отпущения кнопки «Вкл.» отключился (ось ролика срывается с защелки). Путем регулировки необходимо добиться удерживания ролика на защелке.

5. Выключатель не включается. Возможно несколько причин:

а) сгорела катушка электромагнита включения или промежуточное реле; необходимо заменить катушку или реле;

б) обрыв цепи промежуточного реле или в цепи электромагнита включения; место обрыва определяется с помощью мегомметра;

в) заедает сердечник электромагнита включения; промыть сердечник керосином и смазать его трансформаторным маслом;

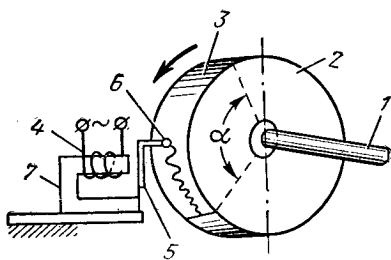


Рис. 36-62. Схема записи скорости отключения выключателя при помощи электромагнитного вибратора.

1 — вал выключателя; 2 — диск; 3 — бумажная лента; 4 — катушка вибратора с напряжением питания 24 В; 5 — якорь вибратора (язычок); 6 — наконечник с карандашом; 7 — магнитопровод.

г) сильно затянута пружина контактов промежуточного реле;

д) засорился или отогнулся блокировочный контакт, прикрепленный к сердечнику отключающей катушки;

е) снизилось напряжение на шинах постоянного тока ниже допустимого;

ж) погнута, смята или сломана задерживающая защелка, упирающаяся в ролик рычага.

6. Выключатель не отключается. Возможные причины:

а) сгорела отключающая катушка или сгорел один из предохранителей в ее цепи; заменить поврежденный элемент;

б) отключающий соленоид не дотягивает до конца; с помощью мегомметра определяется, все ли секции катушки целы, подтягиваются контакты;

в) засорился, сломался или неплотно прижат блокировочный контакт, связанный с сердечником отключающей катушки, или соответствующий блок-контакт КСА.

7. Выключатель не включается полностью. Причина — нарушилась регулировка тяг приводного механизма.

В процессе эксплуатации рекомендуется периодически проверять скорость хода подвижных контактов и траверсы при отключении и при включении выключателя. При капитальных ремонтах скорость доводится до требуемых норм (§ 36-12, Д, Е) путем устранения задержек и натяжения (или сжатия) отключающих пружин. Обычно скорость определяется с помощью электромагнитного вибратора с карандашом. На валу выключателя закрепляется диск, по

окружности которого накладывается бумажная лента. При неподвижном положении выключателя вибратор чертит на ленте поперечную линию. При включении или отключении выключателя диск поворачивается и на ленте вычерчивается виброграмма (рис. 36-62). При частоте тока 50 Гц частота колебаний якоря вибратора 100 Гц. Длина ленты с записью (рис. 36-63) в определенном масштабе соответствует всему пути траверсы от положения «включено» до положения «отключено».

На ленте отмечаются характерные точки, соответствующие моменту начала расхождения контактов, выходу их из камеры и др. Скорость траверсы в каждой точке определяется по формуле (при частоте сети 50 Гц)

$$v = \frac{l}{n}, \text{ м/с,}$$

где  $l$  — пройденный путь на рассматриваемом участке, см;  $n$  — число периодов кривой на том же участке.

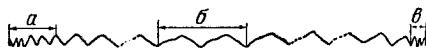


Рис. 36-63. Характерные участки виброграммы скорости хода траверсы при отключении выключателя. а — начало отключения; б — участок наибольшей скорости хода; в — работа буферного устройства.

Определив скорость для ряда характерных точек, строится график скорости движения (рис. 36-64).

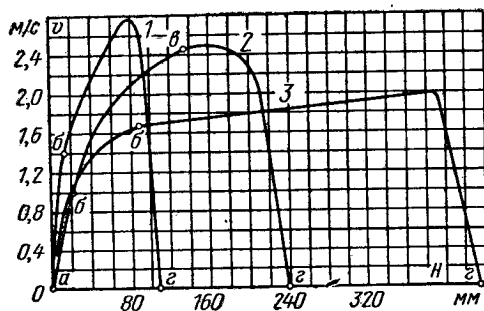


Рис. 36-64. Кривые зависимости скорости движения траверсы выключателей различного типа при отключении от хода траверсы.

а — положение «включено»; б — момент расхождения контактов; в — момент выхода контакта из лугосагительной камеры; г — положение «отключено».

Бумажная лента может также накладываться на рейку, соединенную с тягой, несущей траверсу.

Виброграмма (рис. 36-63) позволяет определить время движения выключателя между любыми характерными точками. Однако она не учитывает времени, проходящего с момента подачи команды на отключение (включение) выключателя до начала

движения подвижной части. Полное время срабатывания выключателя измеряется с помощью электросекундомера (пуск от ключа управления, подающего команду на включение, остановка — при включении главных или блокировочных контактов выключателя).

Вводы выключателей подлежат ремонту при дефектах и способами, описанными в § 36-12, Б.

Г. Ремонт и эксплуатация оборудования распределительных устройств

В настоящем параграфе рассматриваются особенности эксплуатации и ремонта некоторых видов высоковольтного электрооборудования РУ, не указанные в соответствующих разделах. В остальном эксплуатация и ремонт оборудования и аппаратов РУ выполняются в соответствии с требованиями § 36-1, 36-2, 36-3, 36-9, 36-12, 36-13, 36-14, 36-16 и 36-15, А—В.

Ремонт реакторов выполняется в соответствии с требованиями 36-12, Ж.

Разъединители ремонтируются на месте установки. Необходимость снятия ножей и контактов определяется в каждом конкретном случае по их состоянию.

Предохранители типа ПК допускают многократную перезарядку дугогасящего патрона после его срабатывания. В случае спекания кварцевый наполнитель заменяется. Для заполнения патрона должен применяться сухой чистый песок с содержанием кварца не ниже 99%. Длина плавкой вставки (провода) должна точно соответствовать требуемой для данного типа предохранителя. Должны быть также соблюдены зазоры между отдельными проволоками, между проволоками и стенками патрона.

Вентильные разрядники на зимний период отключаются от сети разъединителями или путем отсоединения подведенной проводки.

Трубчатые разрядники с наступлением зимнего периода должны быть демонтированы и пройти ревизию, а при необходимости — ремонт.

При ревизии трубчатого разрядника необходимо осмотреть и проверить исправность его электродов, длину внутреннего искрового промежутка, состояние канала трубки, прочность заделки наконечника и резервуара, а также состояние лакового покрытия. При обнаружении дефектов необходимо:

1) опилить оплавленный конец электрода, отрегулировать его длину или сменить электрод;

2) опилить выступающие концы звездочки (второго электрода внутреннего искрового промежутка);

3) если поверхность лаковой пленки на бакелитовой поверхности окажется выцветшей или будет иметь следы начала разрушения (трещины, вздученности и т. д.), то

такая пленка должна быть удалена стеклянной шкуркой и нанесено новое лаковое покрытие.

Разрядники с трещинами или расслоениями на боковых или торцевых поверхностях бакелитовых трубок бракуются и к эксплуатации не допускаются.

Многоэлементные подвесные и опорные изоляторы испытываются под рабочим напряжением без вывода оборудования и шин из работы путем измерения распределения напряжения по элементам (рис. 36-65 и

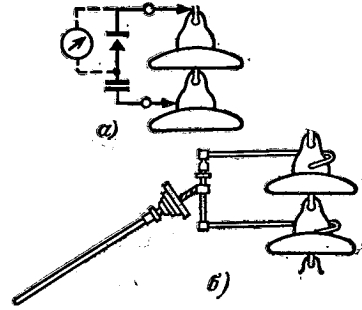


Рис. 36-65. Измерение распределения напряжения в подвесной гирлянде изоляторов.

а — схема измерения; б — положение штанги при измерении.

36-68). Распределение напряжения между изоляторами гирлянды при всех здоровых изоляторах является вполне определенным для данной конструкции. При повреждении одного из элементов картина распределения напряжения меняется. Сопротивление поврежденного элемента уменьшается и при полном пробое становится равным нулю.

Уменьшается и напряжение на поврежденных элементах, а на здоровых — увеличивается (рис. 36-66).

Для измерения напряжения на каждом элементе применяются штанги с регулируемым искровым промежутком (рис.

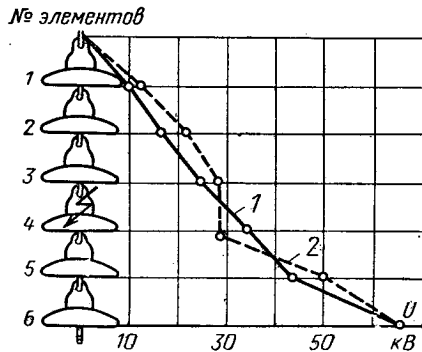


Рис. 36-66. Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов.

1 — все элементы в порядке; 2 — четвертый сверху изолятор поврежден.

36-67). Сначала искровой промежуток устанавливается максимальным и с помощью рогов штанги включается параллельно элементу гирлянды. Затем искровой промежуток уменьшается (вращением изолирующего стержня, проходящего внутри полой изолирующей штанги) до возникно-

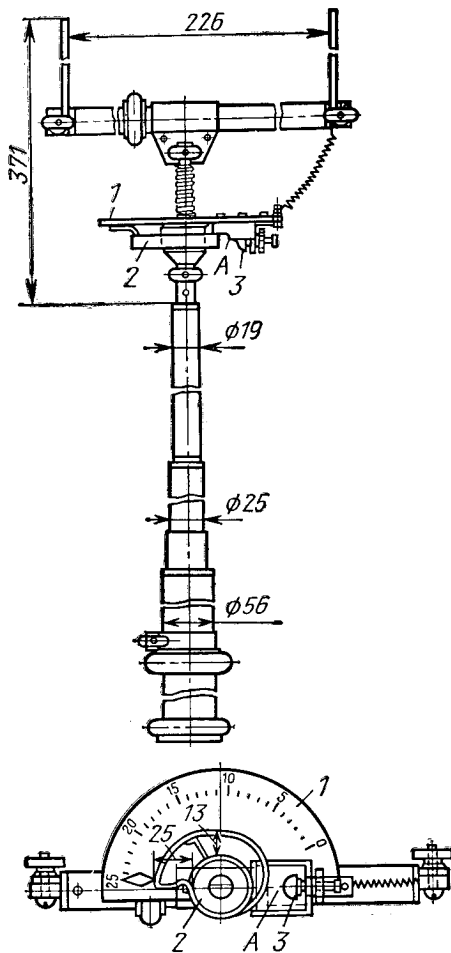


Рис. 36-67. Общий вид штанги для контроля элементов изолятора.

A — разрядник; 1 — шкала; 2 — плоский электрод в виде эксцентрика; 3 — игольчатый электрод в шаровом экране.

вения дуги. По получившейся величине искрового промежутка судят о напряжении, приходящемся на элемент.

В некоторых конструкциях штанг применяется электростатический вольтметр.

Аналогично осуществляется контроль опорных изоляторов (рис. 36-68).

Для некоторых конструкций изоляторов составлены таблицы, указывающие величину напряжения, которое должно быть на каждом элементе в нормальных усло-

виях. Для конструкций, не указанных в таблице, дефектным считается элемент, напряжение на котором в 1,5—2 раза меньше, чем на здоровом элементе, имеющем наибольшее напряжение.

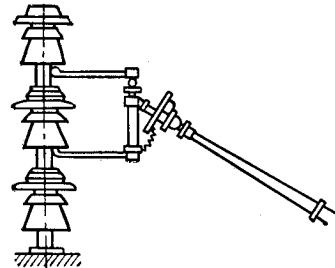


Рис. 36-68. Измерение распределения напряжения на опорной колонке разъединителя.

Штанги с нерегулируемым искровым промежутком отрегулированы на одно напряжение и позволяют лишь определить, больше или меньше напряжение на элементе, чем номинальное напряжение искрового промежутка.

Контактные соединения шин и аппаратов контролируются следующими способами:

- 1) по температуре нагрева контакта в рабочих условиях, определяемой по изменению цвета термопленок однократного или многократного действия или штрихов, нанесенных термолентами или термокарандашами;
  - 2) по температуре, определяемой по отпаданию флажков, припаянных к шине легкоплавким припоем;
  - 3) периодической проверкой в рабочих условиях температуры нагрева при помощи термосвечей;
  - 4) измерением переходного сопротивления в отключенном состоянии (величину сопротивления — см. § 36-14, Ж, методы измерения малых сопротивлений — см. § 17-11);
  - 5) измерением потери напряжения в контакте измерительной штангой при протекании рабочего тока или в отключенном состоянии (§ 36-14, Г);
  - 6) по внешним признакам при осмотре — потемнение поверхности, испарение влаги с поверхности при дожде, отсутствие снега на данном зажиме при наличии на других, свечение или искрение контакта.
- Контакт признается негодным и подлежит ремонту, если температура нагрева превышает 80 °С (для неподвижных контактных соединений в воздухе), или сопротивление контакта превышает данные § 36-14, Ж, или сопротивление контактного соединения шин превышает сопротивление целого участка шин в 2 раза (§ 36-4, Г).

### 36-16. ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### А. Профилактические испытания масляных выключателей

При всех видах ремонта и в сроки, устанавливаемые по местным условиям (§ 36-15, Б), проводятся следующие испытания масляных выключателей:

1. Испытание вводов (§ 36-14, Г).
2. Измерение сопротивления постоянному току контактов масляных выключателей (§ 36-12, Д и 36-14, А, п. 5).
3. Измерение сопротивления постоянному току шунтирующих сопротивлений дугогасительных устройств. Величина сопротивления не должна отличаться от заводских данных более чем на 3%.
4. Измерение сопротивления постоянному току обмоток включающей и отключающей катушек, которое должно быть равно заводским данным.
5. Измерение хода подвижной части выключателя, жима (хода) контактов при одновременности замыкания и размыкания контактов (§ 36-12, Д).

6. Измерение расстояния между бойком и рычагом отключающего устройства, которое для приводов типов ПЭ-31, ПЭ-33, ПЭ-42 и ПЭ-50 должно быть равно 1—2 мм, для ПЭ-2 равно нулю, для ПС-10 — 8 мм.

7. Проверка действия механизма свободного расцепления. Механизм проверяется в работе при включенном положении привода, в 2—3 промежуточных его положениях и на границе зоны действия свободного расцепления.

8. Испытание трансформаторного масла из баков выключателя (§ 36-9, Б). После отключения короткого замыкания мощностью больше половины паспортного значения разрываемой мощности многообъемных масляных выключателей всех напряжений и малообъемных 110 кВ и выше проводится испытание на наличие взвешенного угля. У малообъемных выключателей напряжением до 35 кВ масло не испытывается, а заменяется свежим при капитальном ремонте.

9. Испытание встроенных трансформаторов (§ 36-14, Д, пп. 1 и 3).

При капитальном ремонте масляных выключателей, помимо указанных, проводятся следующие испытания:

10. Измерение сопротивления изоляции подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Производится мегомметром на напряжение 2500 В или от источника напряжения выпрямленного тока. Сопротивление должно быть не менее 300 МОм при номинальном напряжении выключателя 3—10 кВ, не менее 1000 МОм при 15—150 кВ, не менее 3000 МОм при 220 кВ и более.

11. Измерение сопротивления изоляции

вторичных цепей, включающей и отключающей катушек. Производится мегомметром на 1000 В. Сопротивление должно быть не менее 1 МОм.

12. Оценка состояния изоляции внутрибаковых и дугогасительных устройств (§ 36-14, А, п. 3).

13. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции выключателей (§ 36-14, А, п. 4).

14. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек. Проводится напряжением 1 кВ в течение 1 мин.

15. Проверка времени движения подвижных частей выключателя. Время от подачи импульса до момента замыкания (размыкания) контактов не должно отличаться более чем на  $\pm 10\%$  от паспортных данных или величин, приведенных в табл. 36-40.

16. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении (§ 36-14, А, п. 10).

17. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями (§ 36-14, А, п. 11).

#### Б. Профилактические испытания воздушных выключателей

При всех видах ремонта и в сроки, устанавливаемые по местным условиям (§ 36-15, Б), проводятся следующие испытания воздушных выключателей:

1. Измерение сопротивления постоянному току контактов воздушных выключателей всех напряжений. При текущем ремонте и межремонтных испытаниях измеряется сопротивление каждого полюса в целом. В случае превышения измеренного значения по сравнению с предыдущими испытаниями производится измерение сопротивления отдельных элементов контактной системы (каждого разрыва камеры, отделителя, ножа и т. п. в отдельности), значения которых не должны превышать более чем в 1,5 раза нормированной величины (табл. 36-43). После капитального ремонта производится измерение сопротивления каждого элемента контактной системы в отдельности, и величина сопротивления не должна превышать данных табл. 36-43.

2. Проверка характеристик выключателя. Характеристики выключателя должны удовлетворять требованиям § 36-12, Е.

#### В. Профилактические испытания выключателей на грузки и предохранителей

Профилактические испытания выключателей на грузки и предохранителей напряжением выше 1000 В проводятся только при капитальном ремонте. В межремонтный период производится определение целостности плавких вставок и токоограничивающих сопротивлений. Они должны

быть калиброванными и соответствовать проектным данным

При капитальном ремонте выключателей нагрузки проводятся следующие испытания:

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей, обмоток включающей и отключающей катушек. Производится мегомметром на напряжение 500—1000 В со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т. д.). Сопротивление должно быть не менее 1 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции выключателя нагрузки (§ 36-14, В, п. 1).

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек. Производится напряжением 1 кВ в течение 1 мин.

4. Измерение сопротивления постоянному току контактов выключателя. Производится у контактной системы фазы и каждой пары рабочих контактов выключателя. Величина сопротивления не должна превышать первоначально измеренного или исходных данных более чем в 1,5 раза.

5. Определение степени износа дугогасящих вкладышей. Минимальная толщина стенки вкладышей для ВН-16, ВВП-16 и ВВП-17 должна быть не менее 0,5—1 мм.

6. Определение степени обгорания контактов. Обгорание подвижного и неподвижного дугогасительного контактов полюса в сумме не должно превышать 5 мм для ВН-16, ВВП-16 и ВВП-17.

7. Проверка действия механизма свободного расцепления (§ 36-14, В, п. 2).

8. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении (§ 36-14, А, п. 10).

9. Испытание выключателя многократными включениями и отключениями (§ 36-14, А, п. 11).

10. Испытание предохранителей:

а) испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты (§ 36-14, Г, п. 3);

б) определение целостности плавких вставок и токоограничивающих сопротивлений (см. выше).

Г. Профилактические испытания измерительных трансформаторов, вводов и изоляторов (проходных, фарфоровых подвесных и опорных).

Вводы и изоляторы испытываются при всех видах ремонтов по программе и по нормам § 36-14, Г. Помимо указанных испытаний в случае вскрытия масляного наполнения вводов производится проверка их герметичности при избыточном давлении 1 кгс/см<sup>2</sup> в течение 30 мин.

Многоэлементные изоляторы всех типов в сроки, определяемые местными ус-

ловиями, подвергаются проверке измерением распределения напряжения по элементам (§ 36-15, Г).

Измерительные трансформаторы испытываются в соответствии с условиями § 36-14, Д, п. 1—3, 9 и 10. Сроки испытаний устанавливаются в зависимости от местных условий.

Д. Профилактические испытания разъединителей, короткозамыкателей и отделителей

При всех видах ремонта и в сроки, устанавливаемые по местным условиям, проводятся следующие испытания:

1. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции разъединителей, короткозамыкателей и отделителей (§ 36-14, Г, п. 3 и § 36-14, Е, п. 2).

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей и обмоток включающей и отключающей катушек. Производится напряжением 1 кВ в течение 1 мин.

3. Контроль многоэлементных изоляторов с помощью штанги (§ 36-15, Г).

При капитальном ремонте разъединителей, короткозамыкателей и отделителей проводятся, кроме указанных, следующие испытания:

4. Измерение сопротивления изоляции поводков и тяг, выполненных из органических материалов (§ 36-16, А, п. 10).

5. Измерение сопротивления изоляции многоэлементных изоляторов (§ 36-14, Г, п. 1).

6. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей обмоток включающей и отключающей катушек. Производится мегомметром на 1000 В. Должно быть не менее 1 МОм.

7. Измерение сопротивления контактов постоянному току. Производится у разъединителей и отделителей 110 кВ и выше, а также разъединителей на 1000 А и более всех напряжений. Сопротивление не должно превышать 150% исходных данных или величин, указанных в § 36-12, Г.

8. Измерение сопротивления постоянному току обмоток отключающей и включающей катушек. Величины сопротивлений обмоток принимаются согласно заводским инструкциям.

9. Измерение усилия вытягивания ножа из неподвижного контакта разъединителя или отделителя. Рекомендуется производить у разъединителей и отделителей, работающих при токах, близких к номинальному значению. Усилия должны быть не менее указанных в § 36-12, Г.

10. Проверка работы разъединителей, короткозамыкателей и отделителей, имеющих электрический привод. Производится путем 3—5-кратного включения и отключения при номинальном напряжении оперативного тока.

11. Определение времени движения подвижных частей короткозамыкателей и отделителей при отключении цепи. Из-

меренное время не должно отличаться более чем на  $\pm 10\%$  от величин, приведенных в табл. 36-37.

**Е. Профилактические испытания комплектов распределительных устройств и шин**

Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН) испытываются при капитальных ремонтах не реже 1 раза в 3 года.

1. Измерение сопротивления изоляции элементов, выполненных из органических материалов (см. § 36-16, А, п. 10)

2. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей (мегаомметром на 500—1000 В, сопротивление не менее 1 МОм).

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции полностью смонтированных ячеек КРУ (§ 36-14, А, п. 4).

4. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции вторичных цепей (1000 В, 1 мин.)

5. Измерение сопротивления контактов постоянному току. Производится выборочно (§ 36-14, п. 3).

6. Измерение давления ламелей разъединяющихся контактов первичной цепи. Производится выборочно при выкатенной тележке КРУ. Давление каждой ламели на неподвижный контакт или металлическую пластину должно быть в пределах 10—15 кгс.

7. Проверка выкатных частей и блокировок. Проводятся 4—5 операций выкатывания и выкатывания тележки КРУ. Производится работа механических блокировок, соосность втычных ножей и контактов.

Сборные и соединительные шины испытываются при всех видах ремонта, а если требуется по местным условиям — в межремонтный период.

1. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (§ 36-14, Г, п. 3).

2. Контроль соединений проводов. Производится путем внешнего осмотра и измерения падения напряжения. Падение напряжения в соединителе не должно превышать падения напряжения на участке провода той же длины более чем в 2 раза.

**Ж. Профилактические испытания реакторов и конденсаторов**

Сухие реакторы испытываются по мере необходимости, не реже 1 раза в 3 года.

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления. Производится мегаомметром 1000—2500 В. Сопротивление должно быть не менее 0,1 МОм.

2. Испытание опорных изоляторов повышенным напряжением промышленной частоты (табл. 36-49 и § 36-14, Г).

Масляные реакторы и дугогасящие катушки испытываются в соответствии с § 36-7, Г, пп. 1, 2, 10, 12.

Конденсаторы силовые бу-мажно-масляные в межремонтный период по местным условиям, но не реже 1 раза в год испытываются в следующем объеме:

1. Проверка конденсаторов на отсутствие замыкания между изолированными выводами и корпусом. Производится мегомметром на 2500 В. Сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора и отношение  $R_{60} : R_{15}$  не нормируются.

2. Измерение емкости. Емкость каждого элемента не должна отличаться от паспортных данных не более чем на величину, указанную в табл. 36-52.

При капитальном ремонте, кроме того, проводится:

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Проводится в течение 10 с напряжением, указанным в табл. 36-53. При отсутствии источника тока достаточной мощности испытания переменным током могут быть заменены испытанием выпрямленным напряжением величиной в 2 раза большей, чем указано в табл. 36-53. Для конденсаторов, у которых один вывод соединен с корпусом, испытание повышенным напряжением не проводится.

**З. Профилактические испытания аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В и аккумуляторных батарей**

Для аппаратов, вторичных цепей и электропроводки напряжением до 1000 В при всех видах ремонтов и в межремонтный период (по местным условиям) производится:

1. Измерение сопротивления изоляции (§ 36-14, К, п. 1).

При капитальных ремонтах (не реже 1 раза в 3 года) также проводятся:

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (1000 В, 1 мин). Для изоляции силовых кабелей, силовых и осветительных проводок это испытание может быть заменено измерением мегомметра на 2500 В.

3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей всех автоматов. Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжении оперативного тока (5 включений при напряжении на шинах оперативного тока 90%, 5 включений и отключений при 100%, 10 отключений при 80%).

5. Проверка фазировки РУ напряжением до 1000 В и их присоединений.

Для аккумуляторных батарей не реже чем 1 раз в месяц производятся:



1. Проверка плотности электролита (§ 36-14, К, п. 2).

2. Измерение напряжения каждого элемента батареи (§ 36-14, К, п. 4).

3. Измерение высоты осадка (шлама) в банке. Между осадком и нижним краем положительных пластин должно быть свободное пространство не менее 10 мм.

При всех видах ремонтов аккумуляторных батарей, но не реже 1 раза в год, также производится:

4. Проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи. Емкость, приведенная к температуре 25° С, должна соответствовать заводским данным, а после 10 лет эксплуатации быть не менее 70% первоначальной.

5. Измерение сопротивления изоляции батареи (мегаомметром на 250—1 000 В, должно быть не менее 50 МОм для батареи 110 В, не менее 100 кОм для батареи 220 В).

При капитальном ремонте, но не реже 1 раза в 3 года производится:

6. Химический анализ электролита (табл. 36-56).

**И. Профилактические испытания заземляющих устройств и разрядников**

На заземляющих устройствах в межремонтный период в сроки, зависящие от местных условий, производится:

1. Проверка состояния элементов заземляющего устройства (для элементов, находящихся в земле, — выборочно со вскрытием грунта, для остальных — в пределах доступности осмотра).

При всех видах ремонта, но не реже 1 раза в год также производится:

2. Проверка наличия цепи между контуром заземления и заземляемым элементом (отсутствие обрывов и неудовлетворительных контактов). Производится также при каждой перестановке оборудования.

3. Проверка состояния пробивных предохранителей в установках до 1 000 В. Производится также при предположении об их срабатывании.

4. Измерение сопротивления заземляющего устройства. Для подстанций допускается производить 1 раз в 3 года, для цеховых установок — 1 раз в год. Величины сопротивлений должны быть не более указанных в § 36-12, К.

При капитальных ремонтах электроустановок, но не реже 1 раза в 5 лет также производится:

5. Проверка надежности соединений естественных и искусственных заземлителей с заземляющим устройством. Выполняется также после каждого ремонта заземлителей.

6. Проверка полного сопротивления петли «фаза—нуль» в установках до 1 000 В с глухим заземлением нейтрали (§ 36-14, И, п. 4).

Вентильные разрядники испытываются в объеме и по нормам, указанным в § 36-14, И. Испытания проводятся в сроки, определяемые местными ус-

ловиями, и при капитальных ремонтах, но не реже 1 раза в 3 года. Измерение сопротивления разрядников, отключаемых на зимний период, производится ежегодно.

Трубчатые разрядники испытываются при всех видах ремонтов, но не реже 1 раза в 3 года в следующем объеме:

1. Проверка состояния поверхности разрядника (§ 36-14, И, п. 1).

2. Измерение внутреннего диаметра разрядника по всей длине внутреннего искрового промежутка.

Трубчатые разрядники РТФ допускаются оставлять в работе до тех пор, пока толщина стенки фибровой трубки не снизится до 2 мм. Если внутренний диаметр трубки увеличился не более чем на 40% первоначального, пределы отключения разрядником токов соответствуют номинальным. При большем диаметре нижний предел отключаемых токов выше номинального (малые токи не отключаются).

3. Измерение внутреннего искрового промежутка (§ 36-14, И, трубчатые разрядники, п. 2).

4. Измерение величины внешнего искрового промежутка (должна соответствовать проектной).

5. Проверка расположения зон выхлопа (§ 36-14, И, п. 4).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

36-1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., «Энергия», 1969.

36-2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М., «Энергия», 1969.

36-3. Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1965.

36-4. Пособие для изучения Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей. М., «Энергия», 1966.

36-5. Сборник директивных материалов по эксплуатации энергосистем. Электрическая часть. М., «Энергия», 1971.

36-6. Карягин А. Г., Материалы электромонтажных работ. М., «Энергия», 1971.

36-7. Андриевский В. Н. и др. Эксплуатация воздушных линий электропередачи. Под ред. А. С. Зеличенко. М., «Энергия», 1966.

36-8. Фридкин И. А. Эксплуатация кабельных линий 1—35 кВ. М., «Энергия», 1964.

36-9. Фридкин И. А. Эксплуатация распределительных пунктов и трансформаторных подстанций. М., «Энергия», 1966.

36-10. Жерве Г. К. Промышленные испытания электрических машин. М., «Энергия», 1968.

36-11. Каминский М. Л., Лазарев Н. И. Монтаж крупных электрических машин. М., Стройиздат, 1969.