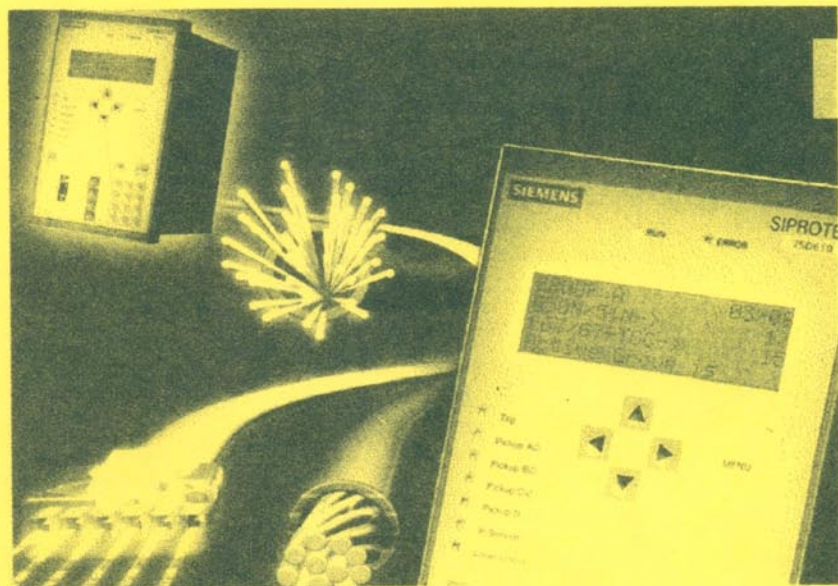


Кутін В.М.
Рубаненко О.Є.
Лагутін В.М.

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В.М.Кутін, О.С.Рубаненко, В.М.Лагутін

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 7.090601 – “Електричні станції” Протокол № 4 від 25 жовтня 2007 р.

Вінниця ВНТУ 2007

Рецензенти:

В.М.Назаренко, доктор технічних наук, професор

Б.С.Рогальський, доктор технічних наук, професор

В.В.Лиман, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Кутін В.М., Рубаненко О.Є., Лагутін В. М.

К 95 Релейний захист електричних станцій. Навчальний посібник. -
Вінниця: ВНТУ, 2007. - 110 с.

В посібнику розглянуто вимоги до виконання та оформлення розділу "Релейний захист і автоматика" дипломного проекту "Проект електричної частини електростанції". Складові частини цього розділу: види пошкоджень основного обладнання електричних станцій та пристроїв захисту від них, приклади розрахунків уставок захистів різних типів генераторів і блока генератор-трансформатор. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмами дисциплін "Основи релейного захисту і автоматики", "Релейний захист і автоматика електричних станцій" та призначений для студентів спеціальностей 7.090601, також може бути корисний для студентів інших електроенергетичних спеціальностей.

УДК 621.316

	Вступ.....	7
1	Вибір організаційної структури і засобів оперативного керування електростанцією.....	9
1.1	Вибір організаційної структури оперативного керування.....	9
1.2	Вибір засобів оперативного керування.....	13
2	Вибір засобів релейного захисту основного обладнання.....	14
2.1	Загальні положення.....	14
2.2	Розрахунок уставок релейного захисту блока турбогенератор – трансформатор.....	20
2.2.1	Початкові дані для розрахунку.....	20
2.2.2	Розрахунок струмів короткого замикання.....	20
2.2.3	Захист від багатозначних к.з. в обмотці статора генератора та на його виводах.....	21
2.2.4	Захист від замикань на землю в обмотці статора.....	22
2.2.5	Захист обмотки статора від зовнішніх симетричних к.з.....	23
2.2.6	Захист обмотки статора від зовнішніх несиметричних к.з. та несиметричних перевантажень.....	24
2.2.7	Захист ротора від перевантаження струмом збудження.....	25
2.2.8	Захист обмотки статора від симетричних перевантажень.....	25
2.2.9	Додатковий захист ротора від перевантаження струмом збудження при його роботі з резервним збудженням.....	26
2.2.10	Захист від асинхронного режиму при втраті збудження.....	26
2.2.11	Захист від підвищення напруги на виводах турбогенератора та трансформатора.....	26
2.2.12	Захист від замикань на землю в одній точці кола ротора.....	27
2.2.13	Захист від усіх випадків к.з. в обмотках трансформатора, його виводах, в ошинуванні високої напруги та від міжфазних к.з. в обмотці статора турбогенератора.....	27
2.2.14	Захист від зовнішніх к.з. на землю в мережі з заземленими нейтральми.....	28
2.2.15	Захист від замикань у середині бака трансформатора.....	29
2.3	Приклад розрахунку релейного захисту гідрогенератора СГКВ - 480/115-64, який працює з трансформаторами ТРДНС - 25000/35.....	29
2.3.1	Розрахунок струмів к.з. для вибору уставок захисту.....	29
2.3.2	Захист від багатозначних к.з. в обмотці статора і на його виводах.....	32
2.3.3	Захист від к.з. на землю (корпус) в обмотці статора.....	33
2.3.4	Захист обмотки статора від зовнішніх симетричних к.з.....	34
2.3.5	Захист обмотки статора від зовнішніх несиметричних к.з.....	35
2.3.6	Захист обмотки статора від несиметричних перевантажень.....	35

2.3.7	Захист обмотки статора від симетричних перевантажень.....	36
2.3.8	Захист від підвищення напруги на виводах гідрогенератора і трансформатора.....	36
2.3.9	Захист від втрати збудження.....	37
2.3.10	Захист від замикання на землю в одній точці кола ротора.....	37
2.3.11	Захист кіл ротора.....	37
2.3.12	Пристрій для гасіння пожежі в гідрогенераторі.....	38
2.3.13	Релейний захист блочного трансформатора.....	38
3	Приклад опису релейного захисту гідрогенераторів в ГЕС.....	42
3.1	Обсяг оснащення РЗА гідрогенераторів.....	42
3.2	Характеристика електричних захистів генераторів.....	44
3.2.1	Захист від струмів зворотної послідовності.....	44
3.2.2	Захист від втрати збудження.....	44
3.2.3	Захист від підвищення напруги.....	45
3.2.4	Захист від замикання на землю обмотки статора.....	45
3.2.5	Дистанційний захист.....	46
3.2.6	Захист від замикань на землю кіл збудження	46
3.2.7	Максимально-струмовий захист трансформатора системи збудження.....	46
3.2.8	Максимально-струмовий захист із контролюванням напруги від дугових перекриттів вимикача генератора.....	47
3.2.9	Захист від несиметрії напруг ТН генератора (системи 1,2)....	47
3.2.10	Поздовжній диференційний захист.....	47
3.2.11	Максимально-струмовий захист із блокуванням за напругою.....	47
3.2.12	Захист від зворотної потужності.....	48
3.2.13	Захист від підвищення частоти.....	48
3.2.14	Симетричне перевантаження генератора.....	48
3.2.15	Захист від подачі напруги на не працюючий генератор	48
3.2.16	Захист від невідповідності положення АГП і вимикача генератора.....	48
3.2.17	Захист мінімального струму з контролюванням напруги ($I_{\min}$, $U_{\min}$).....	48
3.3	Пристрої РЗА трансформаторів Т-1, Т-2, Т-3, трансформаторів власних потреб Т-11, Т-21, Т-31.....	49
3.3.1	Оснащення трансформаторів пристроями РЗА	49
3.3.2	Характеристика захистів трансформаторів.....	50
3.3.2.1	Захист від замикання на землю в мережах 110 (330) кВ.....	50
3.3.2.2	Максимально-струмовий захист із блокуванням за напругою.....	51
3.3.2.3	Диференційний захист.....	51
3.3.2.4	Газовий захист.....	51
3.3.2.5	Захист від замикання на землю в мережі 13,8 кВ.....	52
3.3.2.6	Максимально-струмовий захист при вимкнених вимикачах генераторів.....	52

3.3.2.7	Захист від припинення циркуляції масла.....	52
3.3.2.8	Струмова відсічка і МСЗ трансформаторів власних потреб блока.....	52
3.3.2.9	Захист від перевантаження.....	53
3.3.2.10	Захист від перемагнічування трансформатора.....	53
3.3.2.11	Автоматика системи охолодження.....	53
3.3.2.12	Контроль рівня і температури масла в трансформаторі.....	56
3.3.2.13	Керування відсічним клапаном трансформатора.....	56
3.3.2.14	Блокування невідповідності положення вимикача блока і вхідного автомата 0,4 кВ ТВП.....	56
3.4	Організація кіл оперативного постійного струму.....	57
3.5	Живлення пристроїв РЗА змінним струмом і змінною напру- гою	57
3.6	Організація системи сигналізації РЗА.....	59
4	Технічні характеристики турбо і гідрогенераторів та трансформаторів.....	63
5	Правила оформлення графічної частини розділу “релейний захист та автоматика”.....	71
5.1	Класифікація схем.....	71
5.2	Типи схем.....	73
5.3	Схема електрична структурна.....	73
5.4	Схема електрична функціональна.....	74
5.5	Схема електрична принципова.....	75
5.6	Схеми з'єднань.....	77
5.7	Схеми приєднання, загальні схеми та схеми розміщення.....	78
5.8	Схема розміщення.....	79
5.9	Рисунок схеми.....	79
5.10	Правила виконання принципової схеми.....	80
5.11	Правила виконання схем релейного захисту.....	83
5.12	Схема релейного захисту і автоматики функціональна.....	84
5.13	Схема автоматики принципова.....	85
5.14	Умовні графічні позначення в схемах.....	85
	Додаток А.....	108
	Література.....	106

ВСТУП

Системи виробництва, передавання, розподілу і постачання електроенергії є складними виробничими об'єктами кібернетичного типу. Всі елементи систем беруть участь в єдиному виробничому процесі, основними специфічними особливостями якого є швидкоплинність явищ і неминучість ушкоджень аварійного характеру. Тому надійне і економічне функціонування таких систем можливе тільки при автоматичному керуванні ними. З цією метою використовується комплекс автоматичних пристроїв, серед яких першорядне значення мають пристрої релейного захисту й автоматики. Зростання споживання електроенергії й ускладнення енергетичних систем вимагають постійного вдосконалення цих пристроїв. Спостерігається тенденція створення автоматизованих систем керування на основі використання цифрових універсальних і спеціалізованих обчислювальних машин та контролерів. Водночас широко застосовуються і найпростіші засоби захисту та автоматики: плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі, магнітні пускачі, реле прямої дії, магнітні трансформатори струму, пристрої змінного оперативного струму й ін. Найбільше поширені струмові захисти, прості пристрої автоматичного повторного увімкнення (АПВ), автоматичного увімкнення резервного джерела живлення (АБР) і автоматичного частотного розвантаження (АЧР), які використовуються в установках з вимикачами, обладнаними вантажними і пружинними приводами. Розвиток енергетичних систем вимагає подальшого вдосконалення цих, порівняно, простих пристроїв захисту і автоматики та розробки нових пристроїв комплексної автоматизації [2,3].

Надійність роботи енергосистем значною мірою визначається чутливістю роботи пристроїв релейного захисту й автоматики (РЗА), що досягається належною якістю технічного обслуговування при відповідній кваліфікації персоналу, який експлуатує пристрої РЗА.

Як і раніше, основну частину пристроїв РЗА [4,5,6], що знаходяться в експлуатації, становлять аналогові пристрої на електромеханічній і мікроелектронній базі, причому показник надійної роботи пристроїв РЗА стабільний і складає 99,5%, що зумовлено трьома чинниками:

- оптимальною структурою будови і методології застосування пристроїв РЗА;
- налагодженою системою експлуатації і технічного обслуговування пристроїв РЗА;
- високими трудозатратами персоналу на експлуатацію і технічне обслуговування.

Однак, в останні роки спостерігається тенденція до збільшення випадків неправильної роботи пристроїв РЗА через їхній незадовільний стан і помилки персоналу служб РЗА при технічному обслуговуванні. При іс-

нуючій системі обслуговування це вказує на фізичну зношеність пристроїв РЗА і можливе зниження кваліфікації персоналу.

Мета посібника - ознайомити студента з методикою виконання та оформлення розділу “Релейний захист і автоматика” електричної частини дипломного проекту “Проект електричної станції”.

Виконання розділу базується на матеріалах, зібраних під час проходження переддипломної практики, і передбачає вирішення таких питань:

- вибір організаційної структури і засобів оперативного керування електростанцією;

- вибір засобів релейного захисту основних елементів електричної частини станції;

- вибір засобів автоматичного регулювання в нормальних та аварійних режимах.

Графічна частина розділу потребує виконання креслення (на аркуші формату А1) захисту одного з елементів обладнання електричної станції, за завданням консультанта, з розділу дипломного проекту “Релейний захист і автоматика”.

1 ВИБІР ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ І ЗАСОБІВ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

1.1 Вибір організаційної структури оперативного керування

Існує три форми організаційної структури керування: цехова, блокова і централізована.

Цехова структура дозволяє поділ об'єкта, що обслуговується, на оперативні ділянки, сформовані за принципом об'єднання однотипного силового устаткування. Кожний цех обслуговує оперативна бригада, очолювана начальником зміни цеху [4,5].

При блоковій (безцеховій) структурі в оперативну дільницю входить устаткування одного або двох енергетичних блоків. Дільницю обслуговує оперативна бригада, яка складається з операторів і декількох обхідників. Оперативне керування всією станцією в обох випадках здійснює начальник зміни станції, який знаходиться в оперативному підпорядкуванні чергового диспетчера системи.

Централізована структура керування означає, що оперативне обслуговування всього об'єкта ведеться централізовано, однією оперативною бригадою без поділу об'єкта на оперативні дільниці. Для блокових теплових і атомних електростанцій приймають: для основного устаткування блокову структуру оперативного керування, а для обслуговування устаткування загального станційного призначення - цехову структуру. На блокових станціях обладнують такі пости керування:

- центральний щит керування (ЦЩК) - місце перебування чергового інженера станції;
- блокові щити керування (БЩК) - місце знаходження операторів блоків, зв'язаних з черговим інженером станції через старшого оператора;
- місцеві щити керування (МЩК) використовуються для загальних станційних пристроїв;
- паливopодачі і хімовдоочищення, які мають постійний обслуговуючий персонал; МЩК є також у мазутонасосній, компресорній і електролізерній, які обслуговуються обхідниками.

На АЕС передбачають резервний щит керування (РЩК). Він призначений для проведення операцій для зупинки блока і відведення залишкового тепла з активної зони реактора в особливих ситуаціях, коли здійснити ці операції з БЩК неможливо.

Центральний щит керування призначений для керування елементами зв'язку з енергосистемою. З нього здійснюються:

- контроль лінійних і шинних роз'єднувачів усіх розподільних пристроїв вищих напруг і автотрансформаторів зв'язку між РП вищих напруг та керування ними;

- ручна синхронізація на шинних апаратах і вимикачах автотрансформаторів зв'язку між РП вищих напруг;
- керування і контроль резервних джерел живлення власних потреб 6-10 кВ [18] та електродвигунів резервних збуджувачів;
- керування центральною береговою насосною.

На ЦЦК зосереджується невеликий об'єм інформації про роботу блоків, сигналізація про несправність устаткування загальних станційних пристроїв, які не мають постійного персоналу, сигналізація від усіх елементів, керованих із ЦЦК, а також сигналізація про стан комутаційних апаратів.

Електростанціям великої потужності того об'єму інформації, яка надходить на ЦЦК, виявляється вже недостатньо. Потрібно більше інформації про роботу блоків, про стан устаткування, а також потрібні знання техніко-економічних показників, необхідних для з'ясування ефективності роботи АЕС. Тому на ЦЦК облаштовують загальний станційний інформаційно-обчислювальний пункт з електронно-обчислювальною машиною для збору й опрацювання інформації та передачі її у енергооб'єднання. Інформація може надходити на такий пункт, як від блокових інформаційно-обчислювальних пристроїв, так і безпосередньо від штатних вимірювальних комплексів блока.

ЦЦК добудовують до головного корпусу або розміщують на території розподільних пристроїв підвищених напруг.

Блоковий щит керування призначений для дистанційного контролю і керування блоком. За його допомогою здійснюється запалювання пальників котла, пуск турбіни, синхронізація генератора, пуск допоміжного устаткування блока. З цього щита ведеться керування блоком в нормальному режимі і в аварійних ситуаціях, планове "зупинення блока" або окремих його агрегатів.

З метою одержання оптимальних рішень частина засобів контролю і керування, що відноситься до окремих агрегатів, може бути розташована на місцевих щитах керування (МЩК) - в агрегатах. Такі щити встановлюються, наприклад, для запальників котла, живильних насосів, водяного охолодження генератора, регенеративної системи, вони з'єднуються з БЩК сигналізацією і призначені для пуску й зупинки агрегатів, оперативного перемикання запірної електрифікованої арматури, а також для здійснення контролю за роботою устаткування і сигналізації про порушення в його роботі. Для тих пристроїв, які не мають постійних чергових біля щитів або постійного персоналу біля механізмів, сигналізація про загальну несправність передається на ЦЦК для виклику обхідника.

Для організації керування на ТЕС широко використовуються сучасні засоби сигналізації. Для передавання команд чергового інженера станції (ЧІС) і операторів БЩК оперативному персоналу є такі види оперативного зв'язку:

- двосторонній зв'язок ЧІС із підпорядкованим оперативним персоналом;
- двосторонній зв'язок операторів БЩК з підпорядкованим персоналом;
- загальний станційний і блоковий командно-пошуковий зв'язок.

Оперативний двосторонній зв'язок є комбінованим - телефонний і гучномовний. Ці види оперативного зв'язку можуть доповнюватися промисловими багатоканальними телевізійними установками. На щитах керування встановлюються комбіновані комутатори гучномовного і телефонного зв'язку.

Оперативне керування ТЕС з перехресними зв'язками проектується за цеховим принципом. На ТЕС потужністю більше 250 МВт відповідно до її основних цехів утворюють п'ять дільниць оперативного обслуговування: паливно-транспортну ділянку, котлтурбінну, хімічну, теплової автоматики і вимірювань, електричну.

На ТЕС з поперечними зв'язками створюють пости керування трьох видів: головний щит керування (ГЩК) для керування генераторами, трансформаторами, повітряними і кабельними лініями, міжшинними зв'язками; групові агрегатні щити керування (ГрЩК) для керування котлами і турбінами; місцеві щити керування (МЩК) допоміжних цехів і загальних станційних установок. Групові щити котлів і турбін розміщують поряд з агрегатами, які обслуговуються.

Відносна простота технологічного процесу і високий рівень його автоматизації на гідроелектростанціях дозволяють вибрати централізовану структуру оперативного обслуговування: з центрального щита керування (ЦЩК) або з диспетчерського пункту енергосистеми. Поряд з ЦЩК у машинному залі біля кожного агрегату встановлюють щити для керування агрегатами (АЩК) під час ремонтів і випробувань, а також у випадку несправності пристроїв автоматики.

При проектуванні постів (щитів) керування необхідно враховувати технічні характеристики об'єкта - тип, складність устаткування, структуру зв'язку, рівень автоматизації об'єкта, психологічні, фізіологічні, біологічні особливості і можливості людини-оператора.

Щит керування, по можливості, розміщують в центрі оперативної дільниці, де знаходиться устаткування, кероване з даного щита. Цим забезпечується найменша протяжність контрольно-вимірювальних кабелів і найкоротший шлях персоналу до всіх елементів оперативної дільниці, яка обслуговується. Щити керування розташовуються в ізолюваному приміщенні, яке знаходиться всередині головного корпусу (ГрЩК, АЩК), в його прибудові (БЩК), у будинках допоміжних цехів і установок (МЩК), у прибудові до будинку ГРП (ГЩК) або, нарешті, в окремій будівлі (наприклад, ЦЩК).

На ЩК передбачаються такі прилади:

засоби відображення цифрової і текстової інформації:

- дисплеї мікропроцесорних контролерів і приладів [20];

- монітори комп'ютерів;

сигнальні пристрої:

- лампи, табло, електричні сирени і дзвоники;

прилади й апаратура керування:

- ключі, кнопки, тумблери, прилади та реле захистів і автоматичних пристроїв, електронні регулятори.

Для зменшення кількості приладів контролю і керування в проектах ЩК рекомендується використовувати вимірювання "за викликом", вибіркове і групове керування.

Помешкання ЩК повинні забезпечити сприятливі умови роботи операторам та належні умови функціонування апаратури та приладів, а розташування панелей й пультів - максимум наочності та зручності обслуговування. Для цього виділяють оперативну та неоперативну частини щита. В оперативному контурі розташовують панелі і пульти з приладами, пульти з сигнальними пристроями й апаратурою. Ці пульти забезпечують контроль основних показань роботи устаткування і виконання основних операцій з керування. У неоперативному контурі розташовують панелі, які показують, що реєструється приладами, призначеними для періодичного контролю, і апаратуру керування для виконання другорядних операцій; панелі з електронними регуляторами, приладами захисту і сигналізації, допоміжною апаратурою різного призначення.

Панелі і пульти оперативного контуру розміщують, зазвичай, по еліпсу або дузі. Панелі неоперативної частини щита займають місце за чи збоку від оперативного контуру. Конфігурація і компоновання панелей та пультів оперативного контуру повинні бути такими, щоб основні прилади, які показують, були зручними для візуального спостереження, а основні органи керування - зручними для ручного впливу. Щит керування повинен мати мнемонічну схему з'єднання основних елементів керованого об'єкта. Панелі щитів варто набирати з типових комірок заводського виготовлення нормалізованих розмірів - комірок керування, комірок допоміжних пристроїв.

Щит керування необхідно оснащувати сигналізацією, яка надає оператору необхідну інформацію про порушення в режимі роботи керованого об'єкта. Інформація надходить у вигляді світлових і звукових сигналів, які повинні привернути увагу персоналу, забезпечити розуміння персоналом подій, які відбуваються і тим самим сприяти прийняттю правильного рішення для дії у ситуації, яка виникла.

У пунктах централізованого керування сигналізацію виконують в такій кількості: світлову, сигналізацію стану активних елементів керованого об'єкта; аварійну світлозвукову сигналізацію; аварійну технологічну сигналізацію; сигналізацію аварійних вимкнень і автоматичних увімкнень ви-

микачів; попереджувальну світлозвукову сигналізацію про відхилення від нормального режиму роботи устаткування та про порушення справності оперативних кіл; світлозвукову сигналізацію виклику персоналу в помешкання МПЦК допоміжних цехів і різних електротехнічних пристроїв; сигналізацію дії технологічних та електричних захистів.

БЩК розташовують всередині головного корпусу або в будинку, який прилеглий до головного корпусу, з боку машинного залу. На АЕС можливий варіант спорудження БЩК в торці реакторного залу. Блоковий щит керування атомною електростанцією має свої особливості. Оскільки на АЕС оперативний персонал не може ознайомитися зі станом устаткування радіоактивного контуру на місці, то об'єм технологічної інформації на АЕС більший, ніж на ТЕС. Крім теплотехнічного контролю передбачають ядерно-фізичний і теплотехнічний радіаційний контроль.

Оперативну частину БЩК АЕС поділяють на: реакторну, турбінну і генераторну. На пульті керування реакторної установи монтують основні прилади пуску, зупинки реактора, ключі керування регульовальними органами, кнопки аварійного захисту, сигнальні табло і монітори дисплеїв, а також табло, які інформують про роботу реакторної установки. На оперативній панелі розміщують прилади теплотехнічного контролю реакторної установки, пристрої відображення масового контролю, показчики положення регульовальних стрижнів і т.п.

При проектуванні вимірювальної підсистеми визначають необхідний об'єм вимірювань, визначають спосіб вимірювань і місце розташування вторинних вимірювальних приладів, вибирають тип приладу й елементи схеми для вимірювання. Вимірюваннями повинні бути охоплені всі параметри основного і допоміжного устаткування, яке визначає режим роботи керованого об'єкта.

Вторинні вимірювальні прилади встановлюють на постах керування, звідки ведеться централізоване оперативне обслуговування відповідного устаткування.

Для контролю режиму роботи електростанцій використовують прилади:

- для візуального спостереження - показувальні і цифрові прилади;
- для безперервного графічного або цифрового записування параметрів у нормальному режимі - реєструвальні прилади;
- для підсумовування показань у часі - інтегрувальні прилади;
- для графічного записування параметрів в аварійних умовах - фіксувальні прилади.

1.2 Вибір засобів оперативного керування

Такими засобами є: цифрова система керування фірми Alstom PSCN 3020, панелі керування, які укомплектовані програмованими логічними

контролерами MELSEC FX1s, MELSEC FX1n, MELSEC FX2n фірми MITSUBISHI ELECTRIC, цифрові універсальні вимірювальні прилади серії DMK3x, щит диспетчерський, перфорований, модульний ЩДПМ та інтегрована АСУ ТП для електричної частини станцій на основі мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і автоматики [16], цифрових вимірювальних приладів [20] та програмованих логічних контролерів ЭМВИС російської холдингової компанії “Энергомашвин”.

2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Загальні положення

В цьому розділі дипломного проекту потрібно вибрати типи захистів основних елементів електричної частини електростанції і звести їх в таблицю. Наприклад, в таблиці 2.1 представлені типи захистів, які встановлені на основному електрообладнанні станції, що проектується [1,2,3].

Таблиця 2.1 – Типи захистів обладнання електричної станції

№ п/п	Вид пошкоджень	Вид захисту	Тип реле
1	2	3	4
Блок генератор-трансформатор			
1	Багатофазні КЗ в обмотці статора та на затискачах	Поздовжній диференційний захист	ДЗТ-11/5
2	Замикання на землю в обмотці статора	Захист напруги першої та третьої гармонік без зони нечутливості	ЗЗГ-1
3	Зовнішні несиметричні КЗ та несиметричні перевантаження	Струмівий захист зворотної послідовності	РТФ-6М
4	Зовнішні симетричні КЗ	Дистанційний захист	КРС-2
5	Перевантаження ротора	Струмівий захист з двома ступенями інтегрально-залежної витримки часу	РЗР-1М
6	Симетричні перевантаження обмотки статора	Максимальний струмівий захист	РТВК
7	Асинхронний режим при втраті збудження	Дистанційний захист	КРС-2
8	Підвищення напруги на затискачах генератора та трансформатора	Максимальний захист напруги	РН-58/20 РТ-40/Р

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
9	Замикання на землю в одній точці ротора	Накладання змінного струму частотою 25 Гц на коло збудження	КЗР-3
10	Усі види КЗ в обмотках трансформатора, на його затискачах, ошинуванні ВН та міжфазні КЗ в обмотці статора генератора	Поздовжній диференційний струмовий захист	ДЗТ-21
11	Зовнішні КЗ на землю в мережі з заземленими нейтральми	Струмовий захист нульової послідовності	РТ-40
12	Замикання всередині бака трансформатора	Газовий захист	РЗТ-50
Автотрансформатор зв'язку			
1	Багатофазні КЗ в обмотках	Поздовжній диференційний захист	ДЗТ-21
2	Пошкодження бака трансформатора	Газовий захист	РЗТ-50
3	Зовнішні КЗ на землю в мережі з заземленими нейтральми	Струмовий захист нульової послідовності	РТ-40
4	Зовнішні КЗ	Максимальний струмовий захист з пуском за напругою	РТ-40
5	Перевантаження	Струмовий захист від перевантажень	РТ-40
6	Несиметричні КЗ	Струмовий захист зворотної послідовності	РТФ-1М
7	Замикання на землю на стороні НН	Максимальний захист напруги	РН-53/60Д
8	Пожежа в автотрансформаторі	Пристрій для пожежогасіння	-
Робочі та пускорезервні трансформатори власних потреб			
1	Багатофазні КЗ в обмотках	Поздовжній диференційний захист	ДЗТ-11
2	Зовнішні КЗ	Максимальний струмовий захист з пуском за напругою	РТ-40
3	Перевантаження	Струмовий захист від перевантажень	РТ-40
4	Пошкодження бака трансформатора	Газовий захист	РЗТ-50

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
ЛЕП – 110 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ЭПЗ-1636
ЛЕП – 150 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ШДЭ-2801
ЛЕП – 220 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ШДЭ-2802
ЛЕП – 330 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ДФЗ-503
ЛЕП – 500 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ДФЗ-503
ЛЕП – 750 кВ			
1	Усі види КЗ	Панель захисту	ПДЭ-2001-2003

Релейний захист блоків генератор-трансформатор

На генераторах передбачається релейний захист від таких видів пошкоджень та аномальних режимів:

- від багатофазних КЗ в обмотках статора та на його затискачах;
- від КЗ між витками однієї фази обмотки статора;
- від замикань на землю (корпус) в обмотках статора;
- від струмів симетричних та несиметричних зовнішніх КЗ;
- від замикань на землю в обмотці збудження;
- від симетричних та несиметричних перевантажень обмоток статора;
- від перевантажень обмотки ротора;
- від підвищення напруги на затискачах обмотки статора;
- від втрати збудження;
- від асинхронного ходу;
- від пожеж всередині генератора.

На трансформаторних блоках передбачаються захисти від таких видів пошкоджень та аномальних режимів [1,7]:

- диференційний захист від багатофазних та однофазних КЗ в трансформаторі та на його опинуванні [19];
- диференційний захист опинування напругою 330 кВ та вище;
- газовий захист від внутрішніх пошкоджень;

- контроль ізоляції вводів 500-750 кВ;
- захист від перевантаження;
- контроль ізоляції на стороні низької напруги;
- пуск пристрою пожежогасіння від релейного захисту.

Релейний захист понижувальних трансформаторів та автотрансформаторів

До основних видів пошкоджень трансформаторів та автотрансформаторів відносять [7]:

- трифазні та двофазні КЗ між обмотками всередині бака трансформатора або між зовнішніми вводами обмоток, які розташовані на кришці бака;
- однофазні замикання обмотки або її зовнішнього виводу на корпус трансформатора;
- замикання між витками однієї фази обмотки.

Ненормальними режимами роботи для трансформаторів є:

- струми при перевантаженнях та струми при зовнішніх КЗ;
- зниження рівня масла;
- підвищення напруги.

Типи захистів, які використовують на трансформаторах [7] та автотрансформаторах, приведені в таблиці 2.1.

Захист та автоматика повітряних ліній електропередач

Для мереж 110 - 220 кВ захистом від багатофазних КЗ є дистанційний захист, який має блокування від коливачів та асинхронного режиму. Від однофазних КЗ на землю використовують струмові ступеневі захисти нульової послідовності (направлені та ненаправлені), які діють і при двофазних КЗ на землю. Як додаткові до дистанційних захистів, передбачають струмові відсічки та чутливі останні ступені струмових захистів нульової послідовності, коли, при умові збереження стійкості, необхідним є вимкнення КЗ без витримки часу. В цьому випадку для поодиноких ЛЕП використовують високочастотні блокування для ступеневих захистів та встановлюють, як основний захист, диференційно-фазний високочастотний захист. В деяких випадках ступеневі захисти доповнюються пристроями високочастотного телевимкнення (ВЧТВ) для передавання сигналів вимкнення [5]. Для ЛЕП 330-500 кВ використовують спеціальні комплекти захистів типу ДФЗ-504, ДФЗ-501 та ДФЗ-503.

Для захисту паралельних ліній можуть використовуватись такі ж захисти, як і для окремих ліній, а також поперечні диференційні струмові спрямовані захисти. Як резервні захисти завжди використовуються струмові відсічки.

Для резервування відмов захистів та вимикачів в основних вузлах мережі використовується поєднання дальнього резервування з ближнім.

Згідно з [21] обов'язковим є використання АПВ на всіх повітряних та змішаних лініях напругою вище 1 кВ. Всі пристрої АПВ класифікують так:

- несинхронні АПВ;
- швидкодіючі АПВ;
- АПВ з уловлюванням синхронізму.

Крім АПВ [11], на ЕС використовують і інші види протиаварійної автоматики:

- автоматика для попередження порушення стійкості (АППС);
- автоматика для ліквідації асинхронного ходу (АЛХ);
- автоматика для обмеження підвищення частоти (АОПЧ).

Для регулювання напруги та реактивної потужності на ЕС використовують пристрій РПН трансформаторів та систем АРЗ синхронних генераторів.

Захист двигунів власних потреб

На ЕС для приводу більшості механізмів власних потреб (ВП) використовуються асинхронні електродвигуни (ЕД) з короткозамкненим ротором, а також ЕД постійного струму з паралельним збудженням для приводу резервних маслonaсосів турбін [4]. На потужних ТЕС використовують асинхронні ЕД потужністю від 200 до 8000 кВт напругою 6 кВ. При потужності до 200 кВт встановлюються асинхронні ЕД напругою 380 В, для яких джерелом живлення є трансформатори ВП 6/0,4 кВ. Синхронні ЕД мають дуже обмежене використання для механізмів ВП [1].

Для захисту ЕД ВП 6 кВ від міжфазних КЗ використовують струмову відсічку або поздовжній диференційний захист [12], якщо потужність ЕД складає 5000 кВт і більше.

Захист від однофазних замикань на землю виконується у вигляді струмового захисту нульової послідовності з використанням трансформатора струму [13] нульової послідовності (ТЗЛМ, ТЗРЛ, ТНП) та реле типу РТЗ-51.

Захист від подвійних замикань на землю встановлюється на ЕД 6 кВ потужністю 2000 кВт і більше. Він виконується аналогічно захисту від однофазних замикань на землю.

Захист від перевантажень встановлюється на ЕД ВП, які зазнають тривалих навантажень з різних причин, та виконується як звичайний максимальний струмовий захист.

Захист мінімальної напруги ЕД потрібен для автоматичного вимкнення другорядних ЕД при величині напруги на шинах до 70% номінальної величини і нижче, з метою забезпечення успішного самозапуску основних

електричних двигунів. Він виконується у вигляді одиночного комплексу, який встановлюється на кожній секції шин 6 кВ.

На ЕД ВП 380 В встановлюють захист від міжфазних КЗ та захист від однофазних КЗ на землю, а для ЕД, які зазнають перевантаження, захист від перевантажень, який діє на вимкнення ЕД. Для окремих ЕД 380 В передбачається груповий захист мінімальної напруги.

Захист від усіх видів КЗ на ЕД виконується на триполюсних автоматах (серія АВМ, А3100, А3700) з комбінованими розчеплювачами.

Захист збірних шин

Захист шин РП станцій здійснюють двома способами:

- за допомогою основних або резервних захистів приєднань шин;
- за допомогою спеціальних швидкодіючих захистів.

Другий спосіб набув більшого застосування в енергосистемах. Найчастіше використовують диференційний спосіб [14], а захисти поділяють на три групи:

- диференційні струмові;
- диференційні струмові з гальмуванням;
- диференційні фазні.

Захист шин реагує в мережах з глухозаземленою нейтраллю на всі види КЗ між фазами, однофазні та багатофазні КЗ на землю. В мережах з ізольованою або компенсованою нейтраллю [8] він реагує на всі види міжфазних КЗ, подвійні КЗ на землю та двофазні КЗ на землю в одній точці.

Засоби регулювання частоти та активної потужності

На системи АРЧП електричної станції покладаються такі функції [5]:

- забезпечення стійкого несення турбоагрегатом навантаження;
- автоматична зміна навантаження відповідно до ПТЕ при зміні частоти, з метою забезпечення первинного регулювання частоти в енергосистемі [15];
- автоматична негайна зміна навантаження за командами технологічних захистів турбоагрегату, котла протиаварійної автоматики енергосистеми [15];
- автоматична зміна потужності в заданому напрямку та для заданого значення, а також для заданого темпу, з метою автоматичного регулювання частоти в енергосистемі [15];
- можливість внесення корекції в розподіл навантаження між турбоагрегатами з метою оптимізації режиму за командами від АСУ ТП електростанції або енергосистеми [15];
- збереження стійкого несення навантаження;
- захист турбоагрегату від надто швидкої зміни навантаження.

Ці задачі найбільш повно вирішуються системою АРЧП [5].

2.2 Розрахунок уставок релейного захисту блока турбогенератор-трансформатор

2.2.1 Початкові дані для розрахунку

Розглянемо розрахунок уставок спрацювання захисту блока генератор-трансформатор [1,2,3,9]. Турбогенератор типу ТВМ-500УЗ. Блочний трансформатор - ТЦ-630000/500.

Таблиця 2.2 - Номінальні дані генератора ТВМ-500УЗ

$S_{ном}$	$U_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{fном}$	X''_d	X'_d	X_d	X_2
МВ·А	кВ	кА	кА	в.о.	в.о.	в.о.	в.о.
588,2	36,75	9,24	5,600	0,27	0,38	0,243	0,327

Таблиця 2.3 - Номінальні дані трансформатора ТЦ-630000/500

$S_{ном}$	$U_{ном}$	$U_{ном}$	U_k	I_x
МВ·А	кВ	кВ	%	%
630	525	36,75	14	0,25

2.2.2 Розрахунок струмів короткого замикання

Для вибору уставок захистів необхідно провести розрахунок струмів КЗ. Розрахункова схема показана на рис. 2.1.

Поперечна надперехідна ЕРС обмотки статора:

$$E''_q = \sqrt{(U_{n*} \cdot \cos \varphi)^2 + (U_{n*} \cdot \sin \varphi + I_{n*} \cdot X''_d)^2} = \sqrt{(1 \cdot 0,85)^2 + (1 \cdot 0,53 + 1 \cdot 0,27)^2} = 1,166. \quad (2.1)$$

Опір трансформатора [9] відносно базових параметрів генератора:

$$X_T = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_{Г.ном}}{S_{Т.ном}} = \frac{14}{100} \cdot \frac{588,2}{630} = 0,13. \quad (2.2)$$

Визначимо струми КЗ при пошкодженні на виводах генератора:
при трифазному КЗ [6]:

$$I_{п,0*}^{(3)} = \frac{E_q^*}{X_d^*} = \frac{1,166}{0,27} = 4,319 \text{ в.о.}; \quad (2.3)$$

струм зворотної послідовності при двофазному КЗ [6]:

$$I_{2п,0*}^{(2)} = \frac{E_q^*}{X_d^* + X_2} = \frac{1,166}{0,27 + 0,327} = 1,953 \text{ в.о.} \quad (2.3)$$

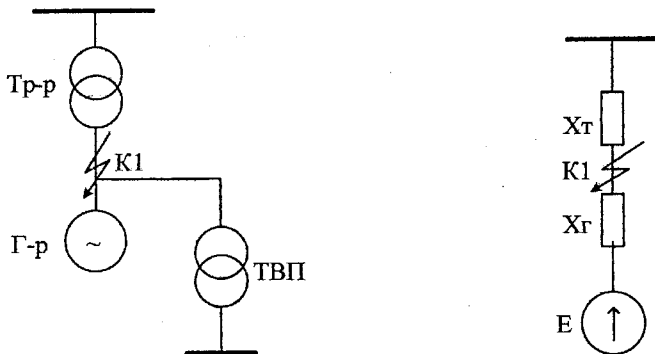


Рисунок 2.1 - Схеми для розрахунку уставок захисту блока генератор-трансформатор:
а) схема заміщення, б) розрахункова схема

Визначимо струми КЗ при пошкодженні за блочним трансформатором [6,9]:

$$I_{xп,0*}^{(3)} = \frac{E_q^*}{X_d^* + X_T} = \frac{1,166}{0,27 + 0,13} = 2,915 \text{ в.о.}; \quad (2.4)$$

$$I_{2п,0*}^{(2)} = \frac{E_q^*}{X_d^* + X_2 + 2X_T} = \frac{1,166}{0,27 + 0,327 + 0,13 \cdot 2} = 1,361 \text{ в.о.} \quad (2.5)$$

2.2.3 Захист від багатофазних КЗ в обмотці статора та на його виводах

Вибираємо поздовжній диференційний захист з реле типу ДЗТ-11/5.

Далі робимо розрахунок параметрів цього захисту [12]:

- кількість витків робочої обмотки реле приймаємо $w_{роб} = 144$ витки;
коефіцієнти трансформації трансформаторів струму однакові:

$$n_T = \frac{12000}{5} = 2400;$$

- визначимо максимальну розрахункову величину первинного струму небалансу $I_{нб.розр.мах}$ в усталеному режимі протікання через трансформатори струму зовнішнього максимального струму:

$$I_{нб.розр.мах} = k_{одн} \cdot \varepsilon \cdot I_{зовн.розр.мах} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 33100 = 1655 \text{ A}; \quad (2.6)$$

- визначимо МРС при протіканні по робочій обмотці струму небалансу:

$$F_{роб} = \frac{k_n \cdot I_{нб.розр.мах} \cdot \omega_{роб}}{n_T} = \frac{1,6 \cdot 1655 \cdot 144}{2400} = 158,9 \text{ A}; \quad (2.7)$$

- визначимо МРС гальмування:

$$F_{гал} = 136 \cdot \sqrt{\frac{F_{роб}^2}{100^2} - 1} = 136 \cdot \sqrt{\frac{158,9^2}{100^2} - 1} = 168,6 \text{ A}; \quad (2.8)$$

- визначимо вторинне значення струму гальмування:

$$I_{гал.с} = \frac{I_{зовн.розр.мах}}{n_T} = \frac{33100}{2400} = 13,79 \text{ A}; \quad (2.9)$$

- визначимо кількість витків в обмотці гальмування:

$$w_{гал.розр} = \frac{F_{гал}}{I_{гал.с}} = \frac{168,6}{13,79} = 12,2 \text{ вит.} \quad (2.10)$$

Приймаємо $w_{гал} = 13$ витків.

2.2.4 Захист від замикань на землю в обмотці статора

Використовуємо захист напруги 1-ї та 3-ї гармонік без зони нечутливості типу ЗЗГ-1. Захист ЗЗГ-1 має два органи:

- максимальне реле напруги першої гармоніки, яке захищає 85-90% витків обмотки статора зі сторони лінійних затискачів;

- реле напруги третьої гармоніки з гальмуванням, яке захищає до 35% витків обмотки статора зі сторони нейтралі та саму нейтраль.

До реле напруги та реле з гальмуванням підводиться напруга зі сторони лінійних затискачів від трансформатора напруги типу ЗНОМ. Для реле з гальмуванням додатково підводиться напруга зі сторони нульових затискачів від трансформатора напруги типу ЗОМ.

Захист діє з незалежною витримкою часу – 0,5 с.

2.2.5 Захист обмотки статора від зовнішніх симетричних КЗ

Використовуємо одноступеневий дистанційний захист з блок-реле типу КРС-2. Реле вмикається на різницю фазних струмів від трансформаторів струму, які встановлені на стороні нульових затискачів, та на міжфазну напругу від трансформатора напруги на виводах генератора. Реле має кругову характеристику, яка розташована в першому квадранті комплексної площини зі зсувом в 3-ій квадрант, і яка охоплює початок координат. Захист виконується з двома ступенями витримки часу.

Опір спрацювання захисту:

$$Z_{\text{сз}} = \frac{0,95 \cdot U_{\Gamma, \text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot I_{\Gamma, \text{ном}} \cdot k_n \cdot k_{\Pi} \cdot \cos(\varphi_{\text{мч}} - \varphi_{\text{наб}})} =$$

$$= \frac{0,95 \cdot 36,75}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot 9,24 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot \cos(80^\circ - 53^\circ)} = 1,297 \text{ Ом}. \quad (2.11)$$

Коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_v = \frac{Z_{\text{сз}}}{Z_{\text{дл}}} = \frac{1,297}{0,938} = 1,38 > 1,2, \quad (2.12)$$

де: $Z_{\text{дл}} = Z_T + Z_{\Gamma} = 0,304 + 0,634 = 0,938 \text{ Ом}; \quad (2.13)$

$$Z_T = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_6^2}{S_{\Gamma, \text{ном}}} = \frac{14}{100} \cdot \frac{37^2}{630} = 0,304 \text{ Ом};$$

$$Z_{\Gamma} = X_d'' \cdot \frac{U_6^2}{S_{\Gamma, \text{ном}}} = 0,27 \cdot \frac{37^2}{588,2} = 0,634 \text{ Ом}. \quad (2.14)$$

Витримка часу I ступеня узгоджується з максимальною витримкою часу резервних захистів від міжфазних КЗ на елементах, які приєднані до шин високої напруги:

$$t_{сз.I} = t_{ел.мах} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.} \quad (2.15)$$

Витримка часу II ступеня:

$$t_{сз.II} = t_{сз.I} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ с.} \quad (2.16)$$

2.2.6 Захист обмотки статора від зовнішніх несиметричних КЗ та симетричних перевантажень

Використовуємо струмовий захист зворотної послідовності з інтегрально-залежною витримкою часу. Захист здійснюється одним фільтр-реле струму зворотної послідовності типу РТФ-6М, яке має такі елементи:

- пусковий орган без витримки часу для забезпечення пуску і повернення інтегрального органу „відсічка II”, його доставка визначається, як:

$$I_{с.пуск} = 0,1 \cdot I_{Г.ном} = 0,1 \cdot 9240 = 924 \text{ А;} \quad (2.17)$$

- інтегральний орган з інтегрально-залежною величиною часу $t_{дон} = f(I_2)$, який забезпечує правильність роботи захисту при зміні струму зворотної послідовності I_2 [6] та охолодженні ротора після усунення несиметричного перевантаження:

$$t_{дон} = \frac{A}{I_{2П,0}^2} = \frac{8}{1,953^2} = 2,1 \text{ с;} \quad (2.18)$$

- орган „відсічка I”, який спрацьовує без витримки часу та призначений для дії захисту з незалежною витримкою часу, як резервний захист від зовнішніх несиметричних КЗ:

$$I_{сз2.I} = 0,4 \cdot I_{Г.ном} = 0,4 \cdot 9240 = 3696 \text{ А;} \quad (2.19)$$

- орган „відсічка II”, який спрацьовує без витримки часу та призначений для резервування швидкодіючих захистів турбогенератора з незалежною витримкою часу:

$$I_{сз2.II} = \frac{I_{2П,0}^2}{k_q} = \frac{1,953 \cdot 9240}{1,2} = 15038 \text{ А;} \quad (2.20)$$

- сигнальний орган, який спрацює без витримки часу та призначений для фіксування з незалежною витримкою часу недопустимого несиметричного навантаження генератора:

$$I_{сз,СО} = 0,05 \cdot I_{Г,ном} = 0,05 \cdot 9240 = 462 \text{ А.} \quad (2.21)$$

2.2.7 Захист ротора від перевантаження струмом збудження

Використовуємо струмовий захист з двома ступенями інтегрально-залежної витримки часу. Захист здійснюється за допомогою блок-реле РЗР-1М, яке має такі елементи:

- вхідний перетворювальний пристрій:

$$\frac{I_{рот,ном.в}}{I_{рзр,ном}} = 0,7 \div 1,2, \text{ де } I_{рзр,ном} = 2,5 \text{ А;} \quad (2.22)$$

- сигнальний орган, який спрацює без витримки часу при струмах збудження, коли вони перевищують допустиме значення:

$$I_{сз,СО,перв} = 1,05 \cdot I_{рот,ном} = 1,05 \cdot 5600 = 5880 \text{ А,} \quad (2.23)$$

витримка часу сигнального органу – 10 сек;

- пусковий орган, який спрацює без витримки часу та контролює пуск і повернення інтегрального органу:

$$I_{сз.ПО,перв} = 1,1 \cdot I_{рот,ном} = 1,1 \cdot 5600 = 6160 \text{ А;} \quad (2.24)$$

- інтегральний орган, який діє з двома інтегрально-залежними витримками часу в залежності від накопичування теплоти в обмотці збудження при перевантаженнях, та охолодження після усунення перевантаження. Зміна уставок інтегрального органу не здійснюється. Для приєднання реле РЗР-1М використовується пристрій П-528, який має трансформатор постійного струму.

2.2.8 Захист обмотки статора від симетричних перевантажень

Використовуємо максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу з реле типу РТВК:

$$I_{сз} = \frac{k_n}{k_{II}} \cdot I_{Г,ном} = \frac{1,05}{0,99} \cdot 9240 = 9800 \text{ А.} \quad (2.25)$$

Витримка часу узгоджується з захистами, які діють на увімкнення.

2.2.9 Додатковий захист ротора від перевантаження струмом збудження при його роботі з резервним збуджувачем

Використовуємо максимальний захист напруги з незалежною витримкою часу. Первинна напруга спрацювання реле напруги

$$U_{сз} = 1,5 \cdot I_{рот.ном} \cdot R_{рот.ном} = 1,5 \cdot 5600 \cdot 0,0342 = 287,3 \text{ В.} \quad (2.26)$$

Витримка часу захисту – 20 с.

2.2.10 Захист від асинхронного режиму при втраті збудження

Використовуємо одноступеневий дистанційний захист з незалежною витримкою часу (одне з трьох реле опору типу КРС-2). Реле вмикається на різницю фазних струмів від трансформаторів струму та на міжфазну напругу від трансформатора напруги так, щоб кутова характеристика знаходилась в III та IV квадрантах комплексної площини опору і не охоплювала початку координат. Лінія максимальної чутливості в комплексній площині при куті максимальної чутливості реле 80° розташовується в III квадранті під кутом 260° .

Діаметр кола характеристики: $d = 1,1 \cdot X_d = 1,1 \cdot 2,43 = 2,673 \text{ в.о.}$

Зсув характеристики: $a = 0,4 \cdot X_d = 0,4 \cdot 0,38 = 0,152 \text{ в.о.}$

При цих параметрах забезпечується надійне неспрацювання захисту при нормальному режимі роботи, режимі недозбудження та при асинхронному режимі в енергосистемі [15].

Час дії захисту – 1-2 с.

Захист діє після виникнення струму в статорі генератора з витримкою часу, яка забезпечує режим самосинхронізації.

2.2.11 Захист від підвищення напруги на затискачах турбогенератора та трансформатора

Використовуємо максимальний захист напруги з незалежною витримкою часу, який діє при недопустимих підвищеннях напруги в режимі холостого ходу або скиданні навантаження. Пусковим органом є реле напруги типу РН-58/200. Для виведення захисту з дії в робочому режимі генератора використовується реле струму типу РТ-40Р. Реле напруги вмикається на міжфазну напругу від трансформатора напруги на виводах генератора.

Напруга спрацювання пускового органу:

$$U_{cs} = 1,2 \cdot U_{\Gamma.ном} = 1,2 \cdot 36,75 = 44,1 \text{ кВ}, \quad (2.27)$$

$$U_{cp} = \frac{U_{cs}}{n_n} = \frac{44,1}{350} = 0,126 \text{ кВ}. \quad (2.28)$$

Струм спрацювання реле блокування:

$$I_{cs} = 0,1 \cdot I_{\Gamma.ном} = 0,1 \cdot 9240 = 924 \text{ А}, \quad (2.29)$$

$$I_{cp} = \frac{I_{cs} \cdot k_{ex}^{(3)}}{n_T} = \frac{924 \cdot 1}{2400} = 0,385 \text{ А}. \quad (2.30)$$

Витримка часу – 0,3 с.

2.2.12 Захист від замикань на землю в одній точці кола ротора

Використовуємо захист типу КЗР-3, який виконується з накладанням на коло збудження змінного струму з частотою 25 Гц.

2.2.13 Захист від усіх випадків КЗ в обмотках трансформатора, на його затискачах, ошипуванні високої напруги та міжфазних КЗ в обмотці статора турбогенератора

Використовуємо загальний поздовжній диференційний струмовий захист з реле типу ДЗТ-21.

Він виконується трифазним на всіх сторонах та трирелейним для підвищення чутливості і надійності.

Струм спрацювання захисту:

$$I_{cs} = 0,3 \cdot I_{ном.ВН} = \frac{0,3 \cdot 9240}{525/36,75} = \frac{2772}{14,3} = 193,8 \text{ А}. \quad (2.31)$$

Коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_{\chi} = \frac{0,87 \cdot I_{II,о*}^{(3)} \cdot I_{\Gamma.ном}}{k_{BT} \cdot I_{cs}} = \frac{0,87 \cdot 4,319 \cdot 9240}{14,3 \cdot 193,8} = \frac{34719,6}{277,1} = 12,5 > 2. \quad (2.32)$$

2.2.14 Захист від зовнішніх КЗ на землю в мережі з заземленими нейтраллями

Встановлюємо двоступеневий струмовий захист нульової послідовності з незалежною витримкою часу (реле струму типу РТ-40 та реле часу).

Реле струму вмикають на струм нейтралі трансформатора блока [9,10].

Уставка комплекту I:

$$I_{сз.I} = \frac{I_{ном.ВН}}{k_n} = \frac{646}{1,5} = 430,7 \text{ А}, \quad (2.33)$$

$$I_{ср.I} = \frac{I_{сз.I}}{n_{Т1}} = \frac{430,7}{400/5} = 5,38 \text{ А}. \quad (2.34)$$

Уставка комплекту II:

- за умовою забезпечення надійного спрацювання при неповнофазному вимкненні блока при мінімальному навантаженні:

$$I_{сз.II} = \frac{0,4 \cdot I_{ном.ВН}}{k_q} = \frac{0,4 \cdot 646}{1,2} = 215,3 \text{ А}, \quad (2.35)$$

$$I_{ср.II} = \frac{I_{сз.II}}{n_{Т1}} = \frac{215,3}{80} = 2,69 \text{ А}; \quad (2.36)$$

- за умовою узгодження з захистом комплекту I:

$$I_{ср.II} = \frac{I_{ср.I}}{1,05} = \frac{5,38}{1,05} = 5,12 \text{ А}. \quad (2.37)$$

Приймаємо $I_{ср.II} = 2,69 \text{ А}$.

Коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_q = \frac{0,87 \cdot I_{II,о}^{(3)} \cdot I_{Г,ном}}{k_{БТ} \cdot I_{сз.I}} = \frac{34719,6}{14,3 \cdot 430,7} = 5,64 > 2. \quad (2.38)$$

Витримка часу ділення:

- за умовою узгодження з резервним захистом елементів, які приєднані до шин високої напруги:

$$t_{сз,діл.} = t_{сз. слем. макс.} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1,0 \text{ с}; \quad (2.39)$$

- за умовою узгодження з захистом, який діє з прискоренням:

$$t_{сз,діл.} = t_{сз з прискоренням} + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ с}. \quad (2.40)$$

Приймаємо: $t_{\text{сз,дл.}} = 1 \text{ с.}$

Витримка часу першого ступеня комплексу II:

$$t_{\text{сз.1}} = t_{\text{сз,дл.}} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ с.} \quad (2.41)$$

Витримка часу другого ступеня комплексу II:

$$t_{\text{сз.2}} = t_{\text{сз.1}} + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2 \text{ с.} \quad (2.42)$$

2.2.15 Захист від замикань всередині баку трансформатора

Встановлюємо газовий захист з двома ступенями дії з реле типу РЗТ-51.

Для виконання однократного АВП ЛЕП використовуються реле типу РПВ-58, а для двократного – РПВ-258 або АПВ-2П.

Для визначення місць пошкодження на повітряних ЛЕП використовуються фіксувальні прилади типів ФІП, ЛИФП, ФПТ, ФПН, ФИС та МФИ.

2.3 Приклад розрахунку релейного захисту гідрогенератора СГКВ-480/115-64, який працює з трансформатором ТРДНС-25000/35

2.3.1 Розрахунок струмів КЗ для вибору уставок захисту

Для вибору уставок захисту потрібен розрахунок струмів КЗ для початкового моменту часу і в усталеному режимі, а також їх зміни в процесі КЗ [10]. Схема блока генератор-трансформатор показана на рисунку 2.

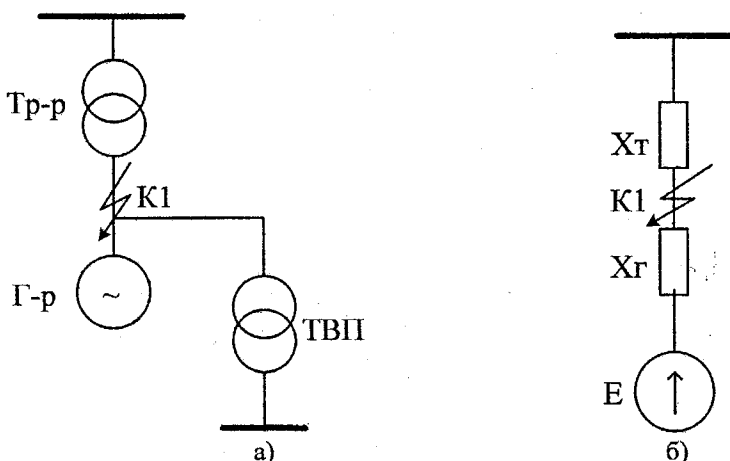


Рисунок 2.2 - Схема для розрахунку уставок релейного захисту блока генератор - трансформатор: а) схема заміщення, б) розрахункова схема

Вихідні дані параметрів блока і системи приведені в таблицях 2.4, 2.5, 2.6:

Таблиця 2.4 – Номінальні дані генератора

Тип генератора	СГКВ-480/115-64
Повна номінальна потужність, МВА	20
Активна номінальна потужність, МВт	20
Номінальна напруга $U_{ном}$, кВ	3,15
Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, в.о.	0,85
Надперехідний індуктивний опір X_d^* , в.о.	0,45
X_d' , в.о.	0,57
X_d , в.о.	1,94
Кількість обертів, об/хв	93,8

Таблиця 2.5 – Номінальні дані трансформатора

Позначення у схемі	Тип транс- форматора	$S_{ном}$,	$U_{ном}$, кВ		U_k ,	P_x ,	I_x ,	P_k
		МВА	ВН	НН	%	МВт	%	МВт
БТ1-2	ТРДНС- 25000/35	25	36,75	3,15- 3,15	10,5	25	0,65	115
ТВП1-2	ТС3-400/10	0,4	3,15	0,4	5,5	1,3	3	5,4

Система: $S_{с.ном} = 5800$ МВА; $X_{с.ном} = 0,4$; $U_{с.ном} = 35$ кВ; $P_{с.мах} = 32$ МВт.

Визначаємо первинні і вторинні струми трансформатора в колах захисту.

Визначимо поперечну надперехідну ЕРС обмотки статора при номінальному режимі генератора:

$$\begin{aligned}
 E_q^* &= \sqrt{(U_{н*} \cdot \cos \varphi)^2 + (U_{н*} \cdot \sin \varphi_n + I_{н*} \cdot X_d^n)^2} = \\
 &= \sqrt{(1 \cdot 1)^2 + (1 \cdot 0,45)^2} = 1,096,
 \end{aligned}
 \tag{2.43}$$

де $U_{н*} = 1$ - номінальна напруга на виводах генератора у в.о.;

$I_{н*} = 1$ - номінальний струм статора генератора у в.о.;

φ_n - кут навантаження;

$X_d^* = 0,45$ - поздовжній надперехідний реактивний опір генератора прямої послідовності.

Таблиця 2.6 – Струми трансформаторів струму в колах захисту

Параметр	Числові значення для сторони	
	36,75 кВ	3,15-3,15 кВ
$I_{1н}, A$	$25000/\sqrt{3} \cdot 36,75 = 393,2$	$25000/\sqrt{3} \cdot 3,15 = 4578,8$
n_T	500/5	5000/5
схема	Y	Y
$I_{2н}, A$	$393,2 \cdot 1/100 = 3,932$	$4578,8 \cdot 1/1000 = 4,579$

Визначимо струм трифазного КЗ на виводах генератора:

$$I_{1*}^{n(3)} = \frac{E_{q*}^*}{X_d^*} = \frac{1,096}{0,45} = 2,44 \text{ в.о.}; \quad (2.44)$$

$$I_1^{n(3)} = I_{1*}^{n(3)} \cdot I_{HT} = 2,44 \cdot 3670 = 8954,8 \text{ кА.} \quad (2.45)$$

Визначимо струм зворотної послідовності при двофазному КЗ на виводах генератора:

$$I_{2*}^{n(2)} = \frac{E_{q*}^*}{X_d^* + X_{2*}^*} = \frac{1,096}{0,45 + 0,2} = 1,696 \text{ в.о.}, \quad (2.46)$$

де $X_{2*} = 0,2$ - реактивний опір зворотної послідовності Г.

$$I_2^{n(2)} = I_{2*}^{n(2)} \cdot I_{HT} = 1,696 \cdot 3670 = 3187,6 \text{ кА.} \quad (2.47)$$

При КЗ за трансформатором на виводах ВН:

$$I_{*}^{n(3)} = \frac{E_{q*}^*}{X_d^* + X_T} = \frac{1,096}{0,45 + 0,084} = 2,05 \text{ в.о.}, \quad (2.48)$$

$$\text{де } X_T = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_\theta^e}{S_{T, \text{ном}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{20}{25} = 0,084 \text{ в.о.}$$

2.3.2 Захист від багатозфазних КЗ в обмотці статора і на його виводах

Використовується поздовжній диференційний захист з циркулюючими струмами [12], який виконується трифазним трилінійним з струмом спрацювання, меншим від номінального струму генератора. Для захисту використовується реле типу РНТ - 565.

Розрахунок захисту виконується у такій послідовності:

1) визначаємо максимальну розрахункову силу первинного струму небалансу $I_{\text{нб, розр. max}}$ в усталеному режимі протікання через трансформатори струму зовнішнього розрахункового максимального струму $I_{\text{зовн, розр. max}}$:

$$I_{\text{нб, розр. max}} = k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{зовн, розр. max}} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 30980 = 1549 \text{ А,} \quad (2.49)$$

де $k_{\text{одн}} = 0,5$ - коефіцієнт однотипності ТС;

$I_{\text{зовн, розр. max}}$ визначається максимальним струмом зовнішнього КЗ $I_{\text{КЗ, зовн. max}}$ або максимальним струмом асинхронного режиму;

2) визначається розрахунковий первинний струм спрацювання захисту за умови:

- відлаштування від розрахункового струму небалансу

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб, розр. max}} = 1,3 \cdot 1549 = 2013,7 \text{ А;} \quad (2.50)$$

- відлаштування від максимального струму навантаження при обриві кола циркуляції:

$$I_{\text{сз}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{роб. max}} = 1,3 \cdot 2833 = 3682 \text{ А,} \quad (2.51)$$

де

$$I_{\text{роб. max}} = \frac{I_{\text{наг. max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} / k_T = \frac{37800}{\sqrt{3} \cdot 3150} / 2,45 = 2833 \text{ А,} \quad (2.52)$$

де k_T - коефіцієнт трансформації трансформатора на цьому ступені навантаження;

$$k_T = \frac{36,75}{3,15} = 2,45, \quad (2.53)$$

приймаємо $I_{cs} = 3682 \text{ A}$;

3) перевіряємо чутливість захисту в режимі мінімального струму КЗ в зоні дії захисту:

$$k_\chi = \frac{I_{\kappa.\text{розр.}\min}}{I_{cs}} = \frac{0,87 \cdot 8954}{3682} = 2,115 > 2; \quad (2.54)$$

4) визначаємо струм спрацювання реле:

$$I_{cp} = \frac{I_{cs}}{n_T} = \frac{3682}{200} = 18,4 \text{ A}; \quad (2.55)$$

5) розраховуємо кількість витків диференціальної обмотки:

$$w_{\text{диф.розр}} = \frac{F_{cp}}{I_{cp}} = \frac{100}{18,4} = 5,43 \text{ витка.} \quad (2.56)$$

Приймаємо: $w_{\text{диф.розр}} = 5$ витків. Оптимальні значення I_{cs} і I_{cp} :

$$I_{cp} = \frac{F_{cp}}{w_{\text{диф.розр}}} = \frac{100}{5} = 20 \text{ A}; \quad (2.57)$$

$$I_{cs} = I_{cp} \cdot n_T = 5,26 \cdot 200 = 1052 \text{ A.} \quad (2.58)$$

Коефіцієнт чутливості:

$$k_\chi = \frac{0,87 \cdot 8954,8}{3682} = 2,12 > 2. \quad (2.59)$$

В коло короткозамкненої обмотки реле вмикається максимальний опір 10 Ом.

2.3.3 Захист від КЗ на землю (корпус) в обмотці статора

Використовується захист напруги першої і третьої гармонік без зони нечутливості типу ЗЗГ-1. Захист ЗЗГ-1 має два органи:

1) максимальне реле напруги першої гармоніки, яке називають реле напруги, захищає 85...90% витків обмотки статора зі сторони лінійних виводів;

2) реле напруги третьої гармоніки з гальмуванням, яке називають реле з гальмуванням, захищає до 35% витків обмотки статора зі сторони нейтралі та саму нейтраль.

На реле напруги і на реле з гальмуванням подається напруга зі сторони лінійних виводів від трансформатора напруги типу ЗНОМ з номінальною напругою обмоток $U_{\phi} \left| \frac{100}{\sqrt{3}} \right| \frac{100}{3}$ В. До реле з гальмуванням додатково підводиться напруга зі сторони нульових виводів від спеціально встановленого трансформатора напруги типу ЗНОЛ або ЗНОМ з номінальною напругою обмоток $U_{\phi} \left| \frac{100}{\sqrt{3}} \right| 100$ В. Захист з незалежною витримкою часу біля 0,5 с.

2.3.4 Захист обмотки статора від зовнішніх симетричних КЗ

Використовують такі типи захисту:

1. МСЗ з пуском за напругою з незалежною витримкою часу. Захист здійснюється одним реле струму (типу РТ-40, яке приєднується послідовно з фільтром реле струму зворотної послідовності), одним мінімальним реле напруги (типу РН-54/160, яке приєднується до фаз ТН на виводах генератора) і реле часу. Первинний струм спрацювання захисту вибираємо з умови відлаштування від номінального струму генератора:

$$I_{сз} = \frac{k_{від}}{k_g} \cdot I_{Г.ном} = \frac{1,2}{0,85} \cdot 3670 = 5183,2 \text{ А}, \quad (2.60)$$

де $k_g = 0,85$ - коефіцієнт повернення реле струму;

$k_{від} = 1,2$ - коефіцієнт відлаштування;

$I_{Г.ном} = 3670$ (А) - номінальний струм гідрогенератора за паспортними даними.

Тоді струм спрацювання реле розраховується за виразом:

$$I_{сп} = \frac{I_{сз}}{n_T} \cdot k_c^3 = \frac{5183,2}{200} \cdot 1 = 25,9 \text{ А}. \quad (2.61)$$

2. Одноступеневий дистанційний захист з незалежною витримкою часу. Захист має два ступені витримки часу. Розрахунок уставок захисту

приведений раніше. Первинну напругу спрацювання захисту вибираємо з умови відлаштування від мінімальної експлуатаційної напруги:

$$U_{cs} = (0,6 \div 0,75)U_{Г.ном} = (0,6 \div 0,75)3,15 = (1,85 \div 2,36) \text{ кВ.} \quad (2.62)$$

Напруга спрацювання реле напруги визначається за виразом:

$$U_{cp} = \frac{U_{cs}}{k_T} = \frac{2,36}{60} = 0,04 \text{ кВ.} \quad (2.63)$$

3. Витримку часу першого ступеня узгоджують з лінійними резервними захистами.

Витримка часу другого ступеня на ступінь селективності більша від витримки часу першого ступеня.

4. Коефіцієнт чутливості захисту

$$k_u = \frac{I_{k.min}}{I_{cs}} = \frac{0,87 \cdot 8954,8}{5183,2} = 1,51 > 1,5. \quad (2.64)$$

2.3.5 Захист обмотки статора від зовнішніх несиметричних КЗ

Приймаємо струмовий захист зворотної послідовності з незалежною витримкою часу. Захист здійснюється одним фільтр-реле струму зворотної послідовності типу РТФ-1М та реле часу, яке має дві витримки часу.

Первинний струм спрацювання захисту вибирається з умови узгодження зі струмовим захистом нульової послідовності, який встановлений на підвищувальному трансформаторі. Витримка часу вибирається з умови узгодження з захистом наступних елементів.

2.3.6 Захист обмотки статора від несиметричних перевантажень

Використовується двоступеневий струмовий захист зворотної послідовності з незалежною витримкою часу. Захист здійснюється фільтр - реле струму зворотної послідовності типу РТФ - 7/2 і реле часу. Обидва ступені діють на вимкнення гідрогенератора. Розрахункові уставки захисту, струм спрацювання та витримки часу кожного зі ступенів узгоджуються з характеристикою допустимого часу протікання несиметричних струмів $t_{дон} = f(I_{Г2})$ для гідрогенераторів. Орієнтовно можуть бути рекомендовані такі уставки захисту:

- струм спрацювання першого ступеня:

$$I_{cs.I} = 0,4 \cdot I_{Г.ном} = 0,4 \cdot 3670 = 1468 \text{ А;} \quad (2.65)$$

$$I_{сз.П} = 0,2 \cdot I_{Г.ном} = 0,2 \cdot 3670 = 734 \text{ А}; \quad (2.66)$$

- витримка часу другого ступеня: $t_{сз.П} = 15 \text{ хв.};$
- струми спрацювання реле:

$$I_{ср.І} = \frac{1468 \cdot 1}{200} = 7,34 \text{ А}; \quad (2.67)$$

$$I_{ср.П} = \frac{734 \cdot 1}{200} = 3,67 \text{ А}. \quad (2.68)$$

2.3.7 Захист обмотки статора від симетричних перевантажень

Використовуємо максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу. Захист здійснюється одним реле струму типу РТ 40, увімкненим на струм фази послідовно з фільтр-реле струму зворотної послідовності та реле часу. Первинний струм спрацювання захисту:

$$I_{сз} = \frac{k_{отс}}{k_{\theta}} \cdot I_{Г.ном} = \frac{1,05}{0,85} \cdot 3670 = 4533,5 \text{ А}. \quad (2.69)$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{ср} = \frac{4533,5 \cdot 1}{200} = 22,66 \text{ А}. \quad (2.70)$$

2.3.8 Захист від підвищення напруги на виводах гідрогенератора і трансформатора

Використовується максимальний захист напруги з незалежною витримкою часу. Захист призначений для попередження значного підвищення напруги в режимі х.х. або в режимі скидання навантаження. Як пусковий орган використовують реле напруги типу РН-53/200 з високим коефіцієнтом повернення (біля 0,9). Для виводу захисту типу РТ-40/Р, реле напруги вмикається на міжфазну напругу трансформатора напруги на виводах генератора. Реле часу повинно бути термічно стійким. Первинна напруга спрацювання захисту:

$$U_{сз} = 1,5 \cdot U_{Г.ном} = 1,5 \cdot 3150 = 4725 \text{ В}. \quad (2.71)$$

Витримка часу $t_{сз} = 0,5 \text{ с.}$

Напруга спрацювання реле:

$$U_{cp} = \frac{4725}{60} = 78,75 \text{ В.} \quad (2.72)$$

2.3.9 Захист від втрати збудження

Захист виконується як МСЗ в колі статора генератора і мінімальний струмовий захист в колі випрямного трансформатора. При одночасному спрацюванні обох захистів генератор вимикається. В процесі самосинхронізації генератора захист виводиться з дії на час 2...9 с. Захист повинен спрацювати при збільшенні струму статора до $1,1I_{Г.ном} = 1,1 \cdot 3670 = 4037 \text{ А}$, і при зменшенні струму ротора до $0,5I_{р.ном} = 0,5 \cdot 950 = 475 \text{ А}$.

Струм спрацювання реле:

$$I_{cp.1} = \frac{4037 \cdot 1}{200} = 20,2 \text{ А;} \quad (2.73)$$

$$I_{cp.2} = \frac{475 \cdot 1}{100} = 4,75 \text{ А.} \quad (2.74)$$

2.3.10 Захист від замикання на землю в одній точці кола ротора

Захист виконано на основі пристрою типу КЗР-3. В основу дії захисту ротора типу КЗР-3 покладено принцип накладання змінної напруги частотою 25 Гц на коло збудження і вимірювання величини активного струму. Цей струм визначає величину опору ізоляції кіл збудження. Захист діє з витримкою часу на увімкнення і зупинку блока.

2.3.10 Захист кіл ротора

Використовується двоступеневий максимальний струмовий захист з незалежною витримкою часу [2,3].

Захист виконується двофазним, дворелейним на кожному ступені з реле типу РТ-40 (яке приєднане до трансформатора струму на стороні випрямного трансформатора) та реле часу (з двома витримками часу).

Перший ступінь захисту:

- без витримки часу діє на реле контролю тривалості перевантаження та на реле обмеження форсування;
- з першою витримкою часу захист подає сигнал на вимкнення АРЗ;
- з другою витримкою часу захист вимикає генератор.

Другий ступінь захисту:

- без витримки часу вимикає АРЗ;
- з витримкою часу вимикає генератор.

Розрахунок уставок захисту

Система збудження – двигун-генератор.

Перший ступінь

Первинний струм спрацювання першого ступеня:

$$I_{сп I} = 1,8 \cdot I_{р ном} = 1,8 \cdot 950 = 1710 \text{ A.} \quad (2.75)$$

Перша витримка часу захисту (на вимкнення АРЗ): $t_{сз I} = 35 \text{ с.}$

Друга витримка часу захисту (на вимкнення генератора): $t_{сз II} = 50 \text{ с.}$

Другий ступінь

Первинний струм спрацювання другого ступеня визначається струмом збудження в режимі форсування:

$$I_{сз II} = k_{відл} \cdot I_{р форс} = 2 \cdot 1710 = 3420 \text{ A,} \quad (2.76)$$

де $I_{р форс} = k_{\phi} \cdot I_{р ном} = 1,8 \cdot 950 = 1710 \text{ A.}$

Витримка часу захисту (на вимкнення генератора): $t_{сз} = 0,5 \text{ с.}$

Струми спрацювання реле:

$$I_{сп I} = \frac{1710 \cdot 1}{100} = 17,1 \text{ A;} \quad (2.77)$$

$$I_{сп II} = 34,2 \text{ A.} \quad (2.78)$$

2.3.11 Пристрій для гасіння пожежі в гідрогенераторі

Пристрій діє автоматично при спрацюванні основних захистів гідрогенератора з фіксуванням загоряння відповідними пристроями [2,3].

2.3.12 Релейний захист блокового трансформатора

Для захисту від міжфазних КЗ, згідно з рекомендаціями, використовуюмо поздовжній диференційний струмовий захист з реле ДЗТ-11 [20].

Струм спрацювання захисту для основної сторони (сторони ВН):

$$I_{сз.ОСН} = k_H \cdot I_{ном.ВН} = 1,5 \cdot 393,2 = 589,8 \text{ A.} \quad (2.79)$$

Попередня величина коефіцієнта чутливості:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К.мін}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{0,87 \cdot 2648}{589,8} = 3,9 \geq 2. \quad (2.80)$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{\text{сп осн}} = \frac{I_{\text{сз осн}} \cdot k_{\text{сх}}}{n_{\text{Т осн}}} = \frac{589,8 \cdot 1}{100} = 5,9 \text{ А}. \quad (2.81)$$

Розрахункова кількість витків для основної сторони:

$$w_{\text{осн. розр}} = \frac{F_{\text{сп}}}{I_{\text{сп осн}}} = \frac{100}{5,9} = 16,9 \text{ витків}. \quad (2.82)$$

Приймаємо $w_{\text{осн. розр}} = 16$ витків, що відповідає:

$$I_{\text{сп осн}} = \frac{100}{16} = 6,25 \text{ А}; \quad (2.83)$$

$$I_{\text{сз}} = \frac{6,25 \cdot 100}{1} = 625 \text{ А}. \quad (2.84)$$

Розрахункова кількість витків для інших сторін трансформатора:

$$w_{1 \text{ розр}} = w_{2 \text{ розр}} = w_{\text{осн. розр}} \cdot \frac{I_{2 \text{ осн}}}{I_{2 \text{ неосн}}} = 16 \cdot \frac{3,932}{4,579} = 13,8 \text{ витків}. \quad (2.85)$$

Приймаємо $w_1 = w_2 = 14$ витків.

Розрахунковий струм небалансу:

$$\begin{aligned} I_{\text{нб. розр}} &= (k_{\text{ПЕР}} \cdot k_{\text{ОДН}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{РПН}} + \Delta w) \cdot I_{\text{К. max}}^{(3)} = \\ &= (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 - 0,01) \cdot 2648 = 662 \text{ А}, \end{aligned} \quad (2.86)$$

$$\text{де } \Delta w = \frac{13,8 - 14}{13,8} = -0,01.$$

Визначаємо кількість витків гальмівної обмотки при її вмиканні на стороні ВН:

$$w_{Г.розр} = \frac{k_H \cdot I_{нб.розб} \cdot w_{осн.розр}}{I_{К.мах}^{(3)} \cdot tg\alpha} = \frac{1,5 \cdot 6627 \cdot 16,9}{2648 \cdot 0,8} = 7,9 \text{ витків.} \quad (2.87)$$

Приймаємо $w_r = 9$ витків.

Отже, до встановлення на реле приймається:

- в робочому колі: $w_{роб} = 16$ витків;

$$w_{1зр} = w_{2зр} = 14 \text{ витків;} \quad (2.88)$$

- в гальмівному колі: $w_r = 9$ витків.

Коефіцієнт чутливості захисту:

$$k_y = \frac{0,87 \cdot 2648}{400} = 5,76 \geq 2. \quad (2.89)$$

Для захисту від виткових замикань і пошкоджень всередині бака трансформатора, які пов'язані з виділенням газів, використовуємо газовий захист з реле типу РЗТ-80.

Для захисту від надструмів КЗ використовуємо максимальний струмовий захист з регулюванням за напругою, який встановлюємо з обох сторін трансформатора.

Сторона НН:

$$I_{сз} = \frac{k_H \cdot k_{СЗН}}{k_B} \cdot I_{роб.мах} = \frac{1,3 \cdot 1}{0,85} \cdot 2833 = 4332,8 \text{ А;} \quad (2.90)$$

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} \cdot k_{СХ}}{n_T} = \frac{4332,8 \cdot 1}{1000} = 4,3328 \text{ А;} \quad (2.91)$$

$$t_{сз.І} = 0,5 \text{ с.}$$

$$\text{Коефіцієнт чутливості: } k_y = \frac{0,87 \cdot 8954,8}{4332,8} = 1,79 \geq 1,5.$$

Напруга спрацювання пускового органа мінімальної напруги:

$$U_{cp} = \frac{0,8 \cdot U_{ном}}{k_H \cdot k_B \cdot n_H} = \frac{0,8 \cdot 3150}{1,1 \cdot 1,2 \cdot (3150/100)} \approx 60 \text{ В.} \quad (2.92)$$

Сторона ВН:

$$I_{cs} = \frac{1,3 \cdot 1}{0,85} \cdot 242 = 370 \text{ А;} \quad (2.93)$$

$$I_{cp} = \frac{370 \cdot 1}{100} = 3,7 \text{ А;} \quad (2.94)$$

$$t_{cs,2} = t_{cs,1} + t_{cs,1} = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.;} \quad (2.95)$$

$$k_{\psi} = \frac{0,87 \cdot 2648}{370} = 6,5 \geq 1,5. \quad (2.96)$$

Для захисту від перевантажень.

Сторона НН:

$$I_{cs} = \frac{k_H}{k_B} \cdot I_{ном.НН} = \frac{1,05}{0,8} \cdot 4578,8 = 6009,7 \text{ А,} \quad (2.97)$$

$$I_{cp} = \frac{6009,7}{1000} = 6,0097 \text{ А;} \quad (2.98)$$

$$t_{пер.1} = t_{МТЗ} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.} \quad (2.99)$$

Сторона ВН:

$$I_{cs} = \frac{1,05}{0,8} \cdot 393,2 = 516 \text{ А,} \quad (2.100)$$

$$I_{cp} = \frac{516}{100} = 5,16 \text{ А;} \quad (2.101)$$

$$t_{пер.2} = t_{МТЗ,2} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ с.} \quad (2.102)$$

3 ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ГІДРОГЕНЕРАТОРІВ ГЕС

3.1 Оснащення пристроями РЗА гідрогенераторів

Електричними захистами, які застосовуються на гідроелектростанціях, є програмовані багатофункціональні мікропроцесорні пристрої фірми “ALSTOM” [20], а також деякі реле “ЧЭАЗ” [16].

Пристрої захистів розташовані в спеціальних шафах на панелі АЩК.

Захисти генераторів розділені на дві системи, які діють незалежно і живляться від окремих автоматів оперативного струму та трансформаторів струму. Пристрої захистів мають такі функції.

Система № 1:

- а) захист від струмів зворотної послідовності;
- б) захист від втрати збудження;
- в) захист від підвищення напруги;
- г) захист від замикання на землю обмотки статора;
- д) дистанційний захист;
- е) захист від замикання на землю кіл збудження (ротора);
- ж) максимальний струмовий захист системи збудження генератора;
- з) максимальний струмовий захист із контролем напруги від дугових перекриттів вимикача генератора;
- і) захист від несиметрії напруг ТН генератора.

Система № 2:

- а) поздовжній диференційний захист;
- б) максимальний струмовий захист із блокуванням за напругою;
- в) захист від зворотної потужності;
- г) захист від підвищення частоти;
- д) захист від замикання на землю обмотки статора;
- е) перевантаження генератора;
- ж) захист від несиметрії напруг ТН генератора;
- з) захист від невідповідності положення АГП і вимикача генератора.

Функції захистів системи № 1 реалізуються в багатофункціональних реле таких типів: LGPG111; TZ 3111; TOG; KCGG142.

Перераховані вище реле знаходяться в панелі АЩК.

Для резервування деяких функцій захистів пристроїв фірми “ALSTOM” застосовані пристрої релейного захисту на базі реле “ЧЭАЗ” (Чебоксарського електроапаратного заводу). Вказані пристрої виконують такі функції:

- а) захист від струмів зворотної послідовності;
- б) захист від замикання на землю обмотки статора генератора;
- в) захист від подачі напруги на непрацюючий генератор (песанкціонованого увімкнення генераторного вимикача);
- г) захист мінімального струму з контролюванням напруги ($I_{\min}$, $U_{\min}$).

(тільки для першого і другого генераторів Г-1, Г-2).

Функції захистів реалізуються в реле типів:

- РТФ-1М, РТФ-7/2, РВ-100, ВЛ-56;
- ЗЗГ-1, РВ-100;
- КСГГ142, РП-23, реле обертів турбіни.
- LGPG 111с2, РНФ-1М, КСГГ142, РТ40, РВ-100, РП-23.

Перераховані вище реле знаходяться на панелі АЩК.

Пристрої живляться від окремого автомата оперативного струму, використовують кола трансформаторів струму системи №2 захистів і трансформаторів напруги 1ТНГ, 3ТНГ. Захисти генераторів діють на вихідні реле, які живляться від окремого автомата оперативного струму.

На вихідні реле захистів (01XD, 02XD на панелі АЩК) діють:

- LGPG111 системи 1,
 - LGPG111 системи 2,
 - КСГГ142 системи 1,
 - РТФ-1М, РТФ-7/2, ЗЗГ-1 захист від подачі напруги на непрацюючий генератор (несанкціонованого увімкнення),
 - TZ3111,
 - TOG,
 - ручне аварійне відключення від кнопки (01BP на панелі АЩК),
 - ключ "агрегат введений - виведений з роботи" (01СС на панелі АЩК) у положенні "виведений",
 - контролер агрегату (дублювання захистів),
 - ПРВВ вимикача генератора,
 - вихідні реле захистів трансформатора блока і ТВП,
 - захист від невідповідності положення вимикача генератора й АГП,
 - захисти сусіднього агрегату, що діють на вимкнення блока LGPG111, КСГГ142 при їхній несправності (втрата оперативного струму, вихід із ладу цифрових блоків),
- захист мінімального струму з контролюванням напруги (для Г-1, Г-2).

Вихідні реле своїми контактами:

- вимикають вимикач генератора,
- вимикають АГП, РГП,
- пускають ПРВВ вимикача генератора,
- видають сигнал на зупинення гідроагрегату.

Необхідно пам'ятати, що в нормальному положенні вихідні реле 01XD, 02XD "підтягнуті", а при спрацюванні захистів "відпадають" і подають сигнал на вимкнення. Повернення реле здійснюється кнопкою "RESET" на панелі АЩК після повного зупинення гідроагрегата.

Існує ще два вихідних реле (051XR, 054XR на панелі АЩК) захистів генератора, на які діють:

- ППРВ вимикача генератора; захист трансформатора блока і ТВП; контролер агрегату (дублювання ППРВ);

- захист від струмів зворотної послідовності на реле РТФ-1М, РТФ-7/2;
 - МСЗ генератора від дугових перекриттів;
 - МСЗ генератора з блокуванням за напругою; дистанційний захист;
- захист мінімального струму з контролюванням напруги (для Г-1, Г-2). Такі виконавчі реле діють на вимкнення, пуск ППРВ вимикача блока; вимкнення автомата 0,4 кВ власних потреб ВА Т11 (Т21, Т31);
- виконавчі реле захистів сусіднього агрегату.

ППРВ вимикача генератора складається з реле часу (01ХТ) і вихідних реле (024ХР, 026ХР на панелі 3 АЩК). ППРВ запускається від контролера агрегату командою "вимкнути" вимикач і від захистів генератора за умови відмови вимикача (контроль положення ВГ здійснюється його блок-контактами). Вихідні реле ППРВ діють на вихідні реле захистів генератора, трансформатора блока і ТВП, які вимикають блок від мережі і дають команду на зупинення обох гідроагрегатів.

При спрацьовуванні диференціального захисту генератора здійснюється запуск системи автоматичного пожежогасіння генератора.

3.2 Характеристика електричних захистів генераторів

3.2.1 Захист від струмів зворотної послідовності (МСЗ за I_2)

Захист призначений для захисту генератора від перевантаження струмами зворотної послідовності, які виникають при несиметричних к.з. і ненормальних режимах роботи системи. Такий захист резервує дифзахист генератора і блока. Захист (*реле LGPG111*) живиться від трансформаторів струму на виводах генератора. Він діє з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

Для резервування захистів при к.з. на блоці та шинах 110 (330) кВ і далекого резервування захистів суміжної мережі 110 (330) кВ застосовується захист на фільтрових реле РТФ-1М (1-ий ступінь) і РТФ-7/2 (2-й ступінь). Захист живиться від трансформаторів струму, які розташовані на нулі генератора. Він діє з витримкою часу на вимкнення блока й зупинення обох гідроагрегатів. Третій ступінь захисту (РТФ-7/2) з витримкою часу діє на сигнал.

3.2.2 Захист від втрати збудження

Захист забезпечує виявлення асинхронного режиму роботи генератора шляхом контролю напруги і струму статора. В реле постійно розраховується напрямок вектора опору навантаження генератора. При нормальному режимі вектор навантаження знаходиться в першому - другому квадранті комплексної площини, а при втраті збудження струм статора змінює нап-

рямок, вектор опору навантаження переходити у третій - четвертий квадрант, що призводить до виконання умови спрацювання захисту.

При пошкодженнях кіл напруги захист блокується функцією контролювання несиметрії напруг ТН генератора. Захист також блокується при спрацюванні 3-ого ступеня захисту за струмом зворотної послідовності (реле РТФ-7/2 на панелі АЦК).

Захист діє з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

3.2.3 Захист від підвищення напруги

Захист приєднується до трансформатора напруги з боку головних виводів генератора. Призначений для запобігання пошкодженню ізоляції генератора і діє при підвищенні напруги статора генератора до $1,5 U_n$ з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

3.2.4 Захист від замикання на землю обмотки статора

Захист системи № 1 приєднаний до трансформатора напруги з боку головних виводів генератора і захищає 95% обмотки з боку цих виводів.

Захист системи № 2 приєднаний до трансформатора напруги з боку “нуля” генератора і захищає 95% обмотки генератора з боку головних виводів генератора і резервує перший захист.

Захист виконано на блок-реле типу ЗЗГ-1. Він складається з двох реле з роздільною сигналізацією:

- максимального реле напруги першої гармоніки ($f=50$ Гц),
- реле напруги третьої гармоніки з гальмуванням ($f=150$ Гц).

Максимальне реле першої гармоніки приєднане до розімкненого трикутника трансформатора напруги з боку головних виводів. Реле спрацьовує при віддаленому від нейтралі генератора замиканні на землю в обмотці статора з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату. При спрацьовуванні максимального реле напруги першої гармоніки на блок-реле ЗЗГ-1 з'являється сигнал “к.з. далеко від нейтралі”.

У зв'язку з малою витримкою часу захисту, для дотримання селективності, захист виконаний з блокуванням спрацювання від однофазних коротких замикань у мережі високої напруги блочних трансформаторів. При спрацьовуванні реле часу захисту від коротких замикань на землю, в мережі високої напруги блочного трансформатора блокується дія захисту від замикань на землю в обмотці статора генератора.

Реле напруги третьої гармоніки з гальмуванням приєднане до схеми порівняння напруги, від трансформатора напруги ТН-13.8, який встановлений на нейтралі, і напруги від розімкненого трикутника трансформатора напруги ТН 13.8, який встановлений на головних виводах генератора.

Реле спрацьовує при замиканні на землю в обмотці статора генератора поблизу нейтралі. При спрацьовуванні реле на блок-реле ЗЗГ-1 з'являється сигнал "к.з. поблизу нейтралі".

Зона дії реле напруги третьої гармоніки з гальмуванням охоплює 20% витків обмотки статора генератора від нульових виводів. Решта (80%) витків входять у зону дії максимального реле напруги першої гармоніки.

Реле напруги третьої гармоніки діє з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

3.2.5 Дистанційний захист

Реле захисту TZ3111 приєднане до трансформаторів струму і трансформатора напруги головних виводів генератора. Захист резервує дифзахисти генератора і блока. Принцип захисту базується на вимірюванні повного опору кола до місця короткого замикання. Захист блокується при пошкодженнях кіл напруги ТНГ. Дистанційний захист діє з витримкою часу на вимкнення блока й зупинення обох гідроагрегатів.

3.2.6 Захист від замикання на землю кіл збудження

Дія захисту базується на принципі накладання на кола збудження змінної напруги низької частоти (4,75 Гц) і на принципі вимірювання величини активного струму, зумовленого величиною опору ізоляції кіл збудження.

Приєднання захисту до кіл збудження здійснюється рубильником у шафі АГП. Реле захисту під'єднується до кіл збудження через допоміжний пристрій PG-5 і призначається для блокування частот, відмінних від робочої. Захист діє з витримкою часу на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

3.2.7 Максимально-струмовий захист трансформатора системи збудження

Захист приєднаний до трансформаторів струму, встановлених на трансформаторі системи збудження. Він виконує:

- функцію струмової відсічки, яка захищає трансформатор з боку вищої напруги і діє без витримки часу,
- МСЗ із витримкою часу, який діє при коротких замиканнях на стороні нижчої напруги трансформатора.

Цей захист діє на вимкнення й зупинення гідроагрегату.

Існує більш чутливий ступінь МСЗ, що діє з витримкою часу на сигнал (перевантаження трансформатора).

3.2.8 Максимально-струмовий захист з контролюванням напруги від дугових перекриттів вимикача генератора

Він призначений для захисту генератора при дугових перекриттях контактів вимкненого вимикача генератора. Захист приєднаний до трансформаторів струму і трансформатора напруги, головних виводів генератора. Функція захисту реалізується при вимиканні генераторного вимикача (від блок-контактів ВГ) і блокується при вимкненому вимикачеві. МСЗ діє з витримкою часу на вимкнення блока й зупинення обох гідроагрегатів.

3.2.9 Захист від несиметрії напруги ТН генератора (системи 1,2)

Захист приєднаний до кіл напруги 2ТНГ та 3ТНГ і здійснює порівняння величин напруги між однойменними фазами цих трансформаторів напруги. При пошкодженнях кіл напруги 2ТНГ (зникнення напруги) захист діє на сигнал, а при пошкодженнях 3ТНГ (до якого під'єднані кола захисту генератора) захист діє на сигнал і блокує такі захисти:

- від втрати збудження;
- дистанційний захист;
- МСЗ: з блокуванням за напругою; від зворотної потужності; від підвищення напруги.

3.2.10 Поздовжній диференційний захист

Поздовжній диференційний захист є основним захистом від міжфазних коротких замикань. Принцип дії захисту базується на порівнянні величин і фаз струмів на початку і в кінці обмотки фази статора.

Зона дії захисту - від трансформаторів струму, встановлених з боку нульових виводів генератора, до трансформаторів струму з боку головних виводів, які встановлені ближче до вимикача генератора.

Захист діє на вимкнення та зупинення гідроагрегату, а також на пуск системи пожежогасіння генератора.

3.2.11 Максимально-струмовий захист з блокуванням за напругою

Захист приєднаний до трансформаторів струму в "нулі" генератора і трансформатора напруги на головних виводах генератора. Він резервує дифзахисти генератора та блока, захисту ліній, АТ і шин 110/330 кВ. Він блокується при пошкодженнях кіл напруги ТНГ. Захист діє з витримкою часу на вимкнення блока й зупинення обох гідроагрегатів.

3.2.12 Захист від зворотньої потужності

Захист приєднаний на ТС у “нулі” генератора і ТН на головних виводах генератора. Функція захисту використовується для виявлення споживання активної потужності генератором і запобігання тривалої роботи генератора в, так званому, рухомому режимі. Захист діє на сигнал. Він блокується при пошкодженнях кіл напруги ТНГ.

3.2.13 Захист від підвищення частоти

Він приєднаний до ТН головних виводів генератора і контролює зміну частоти напруги генератора. Захист від підвищення частоти діє на зупинення гідроагрегату через контролер.

3.2.14 Симетричне перевантаження генератора

Реле приєднане до ТС на “нулі” генератора. Функція захисту від перевантаження генератора за струмом діє з витримкою часу на сигнал.

3.2.15 Захист від надходження напруги на непрацюючий генератор

За допомогою реле KCGG142 (реле контролю струму), РГП і реле контролю обертів турбіни реалізується функція захисту генератора від подавання напруги на непрацюючий генератор, у випадку непередбаченого увімкнення вимикача генератора, коли трансформатор блока працює. Захист виводиться з роботи автоматично при досягненні 95% обертів турбіни і за умови подавання збудження на генератор. Діє без витримки часу на вимкнення генератора й зупинення гідроагрегату.

3.2.16 Захист від невідповідності положення АГП і вимикача генератора

Захист виконаний на блок - контактах АГП та ВГ і спрацьовує при вимкненні АГП й увімкненому положенні вимикача генератора. Він діє через реле LGPG без витримки часу на вимкнення генератора та зупинення гідроагрегату.

3.2.17 Захист мінімального струму з контролюванням напруги (I_{min} U_{min})

Захист призначений для резервування захистів генератора при близьких міжфазних к.з. у мережах 13,8 і 110 кВ, коли через різке зниження

струму к.з. (робота системи збудження) можуть відмовити елементи іншого струмового захисту. Пуск захисту здійснюється при початковому струмі к.з. Далі захист працює з контролюванням мінімального струму к.з. у процесі зниження струму. Захист виконаний з контролюванням зниження генераторної напруги за допомогою реле РНФ-1М і функції зниження трифазної напруги реле LGPG111. Струмові реле живляться від трансформаторів струму в нулі генератора. Захист діє з витримкою часу на вимкнення блока та зупинення обох генераторів.

3.3 Пристрої РЗА трансформаторів Т-1,Т-2,Т-3, трансформаторів власних потреб Т-11,Т-21,Т-31

3.3.1 Оснащення пристроями РЗА трансформаторів

Як електричні захисти, що програмуються, застосовані багатофункціональні мікропроцесорні пристрої фірми “ALSTOM” [20]. Пристрої захистів розташовані в спеціальній шафі (БЩК).

Захисти трансформаторів Т1, Т2, Т3 розділені на дві системи, що діють незалежно і живляться від окремих автоматів оперативного струму та трансформаторів струму.

Пристрої захистів виконують такі функції:

Система № 1

- а) захист від замикання на землю в мережі 110 (330) кВ;
- б) максимально-струмовий захист із блокуванням за напругою;
- в) захист від замикання на землю в мережі 13,8 кВ;
- г) газовий захист;
- д) захист від припинення циркуляції масла.

Функції захисту реалізуються:

- а) у багатофункціональному реле типу KCGG122 захисту;
- б, в) - у реле типу LGPG111.

Газовий захист і захист від припинення циркулювання масла не змінились в результаті реконструкції РЗА і діють через реле LGPG111. Релейна апаратура цих захистів знаходиться в панелі БЩК.

Система № 2:

а) диференційний захист трансформатора - реалізується в реле типу KBCN140;

б) максимально-струмовий захист трансформатора при вимкненні вимикачів генераторів - реалізується в реле типу KCGG142;

в) захист від перевантаження трансформатора - реалізується в реле типу KCGG142.

г) захист від перенамагнічування - реалізується в реле типу KBCN140.

РЗА блочних трансформаторів містить наступні види автоматики:

- а) автоматика системи охолодження;
- б) контроль рівня і температури масла в трансформаторі;
- в) керування відсічним клапаном трансформатора;
- г) блокування невідповідності положення вимикача блока і вхідного автомата 0,4 кВ власних потреб.

Захисти трансформатора Т11(Т21, Т31) виділені в окрему систему. Вони містять два реле типу КСГГ142 і виконують такі функції:

- а) струмова відсічка;
- б) двоступеневий максимально-струмовий захист;
- в) захист від перевантаження трансформатора;

Пристрої захистів трансформаторів блока і ТВП діють на вихідні реле, які живляться від окремого автомата оперативного струму.

Вихідні реле захистів (KL6, KL7) діють на:

- КСГГ122 системи 1,
- LGPG111 системи 1,
- KBCH140 системи 2
- КСГГ142 системи 2 контролю виведення з ладу цифрових блоків реле систем 1, 2,
- ДЗШ-110 першої секції шин (ДЗШ-330 1, 2 секції шин),
- ППРВ В-1 (В-21, В-52),
- ППРВ вимикачів генераторів захисту ТВП (МСЗ з більшою витримкою часу) та захист неповнофазного режиму В-1 (В-21, В-52).

МСЗ трансформаторів власних потреб з меншою витримкою часу діє на вимкнення автомата 0,4 кВ власних потреб блока ВА Т11 (Т21, Т31). Вихідні реле МСЗ своїми контактами: вимикають блочний вимикач 110 (330) кВ; пускають ППРВ блочного вимикача; діють на вихідні реле захистів обох генераторів; вимикають автомат 0,4 кВ власних потреб блока.

Кожний пристрій захисту діє на контролери генераторів для резервування дії вихідних реле, а диференційний і газовий захисти (кожен) здійснюють пуск автоматичної системи пожежогасіння блочних трансформаторів.

3.3.2 Характеристика захистів трансформаторів

3.3.2.1 Захист від замикання на землю в мережах 110 (330) кВ

Захист живиться від трансформаторів струму, які розташовані на нейтралі трансформатора. Він призначений для дії при коротких замиканнях на "землю" у мережі високої напруги і резервує дифзахист трансформатора, захист ліній, АТ, шин 110(330) кВ. Він діє з витримкою часу вимкнення й зупинення блока. Другий ступінь захисту прискорюється при неповнофазному режимі блочного вимикача. При дії захисту блокується робота реле ЗЗГ-1 обох генераторів для виявлення їхньої помилкової роботи.

3.3.2.2 Максимально-струмовий захист з блокуванням за напругою

Цей захист живиться від вбудованих трансформаторів струму на стороні вищої напруги трансформатора і трансформаторів напруги шин 110 (330) кВ. Він призначений для дії при міжфазних к.з. у мережі вищої напруги і резервує дифзахист трансформатора, захист ліній, АТ, шин 110 (330) кВ. Він діє з витримкою часу на вимкнення та зупинення блока.

3.3.2.3 Диференційний захист

Зона дії захисту обмежена трансформаторами струму, встановленими на головних виводах генераторів і ТС, встановленими на ВРП в блокових вимикачах.

В зону дії дифзахисту входить також обмотка вищої напруги і роз'єднувач трансформатора власних потреб блока, обмотки вищої напруги трансформаторів систем порушення генераторів. Принцип дії дифзахисту полягає у порівнянні величини і напрямку струмів трансформаторів, струму "плечей" захисту. Захист діє на вимкнення й зупинення блока, а також на пуск автоматичної системи пожежогасіння блочного трансформатора.

3.3.2.4 Газовий захист

Газовий захист призначений для захисту трансформатора при пошкодженнях всередині бака, які супроводжуються виділенням газу, і при зниженні рівня масла в баку. Газовий захист - це найкращий захист трансформатора від пошкоджень його обмоток, особливо при виткових замиканнях, коли відбувається замикання малої кількості витків і струм короткого замикання недостатній для спрацювання дифзахисту, а максимально-струмовий захист не реагує зовсім. Газовий захист виконаний на реле Бухгольца типу BF-80/Q.

Реле має два елементи:

а) сигнальний елемент - спрацьовує при зниженні рівня масла в корпусі реле і досягненні об'єму повітря в реле біля 250-300 см³;

б) елемент, який вимикає трансформатор, спрацьовує при подальшому зниженні рівня масла в корпусі реле або при швидкості потоку масла (з бака трансформатора в розширювач) більшій від 1,0 м/сек (уставка вмикального елемента за швидкістю потоку масла вибрана з урахуванням потужності трансформатора і типу системи охолодження). Це може бути при бурхливому газоутворенні в баку трансформатора.

Реактувальні органи захисту діють через реле LGPG111 на вимкнення й зупинення блока, а також на пуск автоматичної системи пожежогасіння

блочного трансформатора. Вимикальний елемент газового реле може бути перемкнений “на сигнал” за допомогою накладки SX10.

3.3.2.5 Захист від замикання на землю в мережі 13,8 кВ

Органи захисту, які реагують на замикання, під’єднані до трансформатора напруги блока. При замиканнях на землю в мережі 13,8 кВ захист діє на “сигнал”.

3.3.2.6 Максимально-струмовий захист при вимкнених вимикачах генераторів

Живиться від вбудованих трансформаторів струму на стороні вищої напруги трансформатора. Призначений для дії при міжфазних к.з. у мережі вищої напруги в режимі холостого ходу трансформатора (вимкнені вимикачі генераторів).

Захист діє з витримкою часу на вимкнення й зупинення блока.

3.3.2.7 Захист від припинення циркуляції масла

Захист діє з витримкою часу на вимкнення блока при виникненні таких умов:

а) при повному аварійному вимкненні охолодження (вимкнені вхідні контактори шаф ШАОТ (Т1, Т2, Т3) або вимкненні всіх магнітних пускатів електронасосів у шафі ШАОТ (Т1, Т2), при досягненні температури верхніх шарів масла в баку трансформатора 80°C і при навантаженні на трансформаторі 100% - через 10 хвилин;

б) при повному аварійному вимкненні охолодження і досягненні температури верхніх шарів масла 80 С - через 30 хвилин (незалежно від навантаження);

в) при повному аварійному вимкненні охолодження - через 60 хв. (незалежно від температури і навантаження).

3.3.2.8 Струмова відсічка і МСЗ трансформаторів власних потреб блока

Захисти отримують живлення від трансформаторів струму на стороні вищої напруги трансформатора.

Струмова відсічка призначена для захисту трансформатора від струмів к.з. при міжфазних коротких замиканнях в обмотці вищої напруги. МСЗ призначений для захисту трансформатора від струмового перевантаження при коротких замиканнях на стороні 0,4 кВ. Він резервує струмову відсічку.

Струмова відсічка діє без витримки часу на вихідні реле захистів блока, а також (для дублювання) на контролери генераторів. МСЗ має дві витримки часу. З меншою витримкою МСЗ діє на вимкнення автомата 0,4 кВ власних потреб, з більшою - на вихідні реле захистів блока і на контролери генераторів.

3.3.2.9 Захист від перевантаження

При перевантаженні трансформатора захист діє з витримкою часу на "сигнал".

3.3.2.10 Захист від перемагнічування трансформатора

Перемагнічування, яке зумовлене підвищенням напруги в мережі або зниженням частоти, призводить до збільшення робочого магнітного потоку в трансформаторі, що, у свою чергу, призводить до зростання втрат у сталі і до непропорційного збільшення струму намагнічування. Робота трансформатора вважається неприпустимою при перевищенні відношення максимально припустимої напруги до номінальної частоти. На вимірювальні кола захисту, де здійснюється вимірювання відношення напруги до частоти, подається лінійна напруга ТНБ-13,8 кВ. Захист діє з витримкою часу на "сигнал".

3.3.2.11 Автоматика системи охолодження

Для охолодження блокових трансформаторів Т1 і Т2 застосовується система типу Ц з примусовим циркулюванням масла через водяний охолоджувач. Система охолодження складається з:

- а) шафи автоматичного керування, у якій розташована пускова апаратура;
- б) двох електронасосів - пускового (він же резервний) і робочого;
- в) двох маслоохолоджувачів.

Живлення шаф ШАОТ Т1 і Т2 змінною напругою 0,4 кВ здійснюється, відповідно, до положень накладок 1Н1, 1Н2 і 2Н1, 2Н2, на які подається живлення від двох секцій щита власних потреб блока 1Н, 2Н. Зазвичай шафа ШАОТ живиться від першої секції щита власних потреб блока. При зникненні живлення робочого вводу шафи за схемою АВР [17], зібраної на вхідних контакторах, вона заживлюється від другої секції щита власних потреб. У шафі є ключ вибору режиму роботи вхідних контакторів А-1. Ключ має три положення: "вимкнено", "автомат", "ручне". Звичайне положення ключа - "автомат". Кожний електронасос заживлюється від автомата АП-50-ЗМТ, який здійснює захист електронасоса і магнітний пуск, який безпосередньо вмикає електронасос. Керування електронасосами

здійснюється через індивідуальні ключі вибору режиму роботи. Ключі мають також три положення: "вимкнено", "автомат", "ручне". Звичайне положення ключів – "автомат". При вимкненому положенні вимикача блока і генераторних вимикачів вхідні контактори шафи ШАОТ знаходяться у роз'єднаному стані і напруга в шафі присутня тільки на пускових автоматах. При увімкненні блочний вимикач або будь-який з вимикачів генераторів реле контролю їхнього положення, своїми контактами замикає коло котушок контакторів і в схему автоматики охолодження подається напруга від робочого джерела. При температурі верхніх шарів масла нижчій від $+5^{\circ}\text{C}$ вмикається пусковий електронасос. Захист його від струмових к.з. забезпечується вхідними автоматами шафи. При досягненні температури верхніми шарами масла $+5^{\circ}\text{C}$ відбувається перемикання пускового електронасоса на живлення від свого автомата, який захищає електронасос від перевантаження і струмового короткого замикання. Пусковий електронасос вимикається автоматично при досягненні температури верхніми шарами масла $+15^{\circ}\text{C}$, коли вимикається робочий електронасос, при вимкненні вимикача блока і вимикачів обох генераторів.

Увімкнення робочого електронасоса відбувається при досягненні температури верхніми шарами масла $+15^{\circ}\text{C}$. При увімкненні робочого насоса (температура масла повинна бути вищою від $+15^{\circ}\text{C}$) подається сигнал на відкриття засувки холодної води. Автоматичне вимкнення робочого електронасоса відбувається при вимкненні вимикачів блока і генераторів. Одночасно з вимкненням робочого електронасоса подається сигнал на закриття засувки холодної води. Засувка буде залишатися закритою доти, доки температура верхніх шарів масла буде нижчою від $+15^{\circ}\text{C}$. Пусковий електронасос одночасно є і резервним. Увімкнення резервного насоса відбувається при вимкненні автомата, який здійснює захист робочого електронасоса, при наявності умов для увімкнення робочого колеса. Схема автоматики охолодження забезпечує сигналізацію ("Несправність ШАОТ"): вимкнення автомата живлення робочого електронасоса; увімкнення резервного електронасоса; увімкнення резервного живлення шафи ШАОТ; вимкнення системи охолодження (пуск реле часу захисту від втрати охолодження); вимкнення автомата живлення засувки охолодженої води.

Для охолодження блокового трансформатора ТЗ застосовується система охолодження типу ДЦ з примусовим циркулюванням масла через охолоджувальний пристрій, в якому охолодження масла здійснюється за допомогою повітря, що подається вентиляторами.

Груповий охолоджувальний пристрій (ГОП) складається з:

- а) основного охолоджувального пристрою з чотирма групами охолоджувачів (1, 2, 3, 4);
- б) додаткового охолоджувального пристрою з трьома групами охолоджувачів (5, 6, 7);

в) шафи автоматики основного охолоджувального пристрою ШАОТ-ДЦ-4 (ГОП4);

г) шафи автоматики додаткового охолоджувального пристрою ШАОТ-ДЦ-3 (ГОП3).

Живлення й АВР [17] з живлення шаф автоматики ГОП4 і ГОП3 виконано аналогічно ШАОТ Т1 і Т2.

Кожна група охолоджувачів основного і додаткового охолоджувального пристрою складається з двох вентиляторів та одного маслonaсоса і може працювати в ручному або автоматичному режимах. Режим роботи групи вибирається індивідуальним ключем вибору режиму, який має три положення "ручне", "автомат", "вимкнено". Звичайне положення ключа – "автомат".

Автоматика системи охолодження трансформатора забезпечує:

а) подавання напруги в схемі ГОП4 і ГОП3 при вмиканні трансформатора під напругу (вмиканні вимикачів блока або генераторів);

одночасне увімкнення маслonaсосів всіх груп охолоджувачів, крім резервної (1);

увімкнення вентиляторів двох груп (2-ї і 3-ї) основного охолоджувального пристрою при досягненні температури верхніми шарами масла більше $+15^{\circ}\text{C}$ (при зниженні температури масла нижче від $+10^{\circ}\text{C}$, вентилятори 2-ї і 3-ї груп вимикаються);

б) додаткове увімкнення всіх вентиляторів додаткового охолоджувального пристрою при навантаженні більше $40\% I_n$ трансформатора;

в) додаткове увімкнення вентиляторів четвертої групи основного охолоджувального пристрою при навантаженні більше $80\% I_n$ трансформатора;

г) увімкнення резервної групи (1) в основному охолоджувальному пристрої (за необхідності).

Увімкнення резервної групи (1) основного охолоджувального пристрою при роботі трансформатора відбувається:

- якщо вимикається автомат одного з маслonaсосів;

- якщо вимикаються автомати обох вентиляторів однієї з груп охолоджувачів,

- якщо вимикаються магнітні пускачі в схемі керування вентиляторами груп 2 і 3, а передумови для їхнього увімкнення є;

- якщо при навантаженні трансформатора більше $40\% I_n$ вимикаються пускачі в схемі керування вентиляторами додаткового охолоджувального пристрою;

- якщо при навантаженні трансформатора більше $80\% I_n$ вимикається пускач в схемі керування вентиляторами групи 4 в основному охолоджувальному пристрої.

Схема автоматики охолодження забезпечує сигналізацію в таких випадках:

- переведення живлення шаф ГОП на резервне джерело;
- вимкнення одного з автоматів живлення електронасосів або вентиляторів охолоджувальних груп;
- увімкнення резервної групи охолоджувачів.

Сигнали про несправність системи охолодження трансформаторів (ШАОТ) надходять на загальний станційний контролер для передачі інформації на верхній рівень керування (ГЦК).

3.3.2.12 Контролювання рівня і температури масла в трансформаторі

Для контролювання рівня масла в розширювачі трансформатора встановлений маслопоказчик (стрілочний типу МС-2), який дозволяє візуально контролювати рівень масла (за стрілкою) і одержувати попереджувальний сигнал у схемі сигналізації трансформатора про зниження або підвищення рівня масла. Для контролювання температури масла в баку трансформатора застосовані термосигналізатори, що також дозволяють візуально контролювати температуру (за стрілкою) і одержувати попереджувальний сигнал при досягненні температури масла 70°C. Сигнали від маслопоказчика і термосигналізатора надходять на загальний станційний контролер для передачі інформації на верхній рівень керування (ГЦК).

3.3.2.13 Керування відсічним клапаном трансформатора

Котушка відсічного клапана живиться від ШАОТ через автомат і схему АВР від збірки 0,4 кВ. Автомат і реле АВР знаходяться в ШАОТ (Т1, Т2) і шафі ГОП4 (Т3). Для контролювання замкненого стану свого контакту в колі котушки клапана в ШАОТ розташоване додаткове реле. Звичайне положення реле – “підтягнуте”. Відсічний клапан спрацьовує при пуску автоматичної системи пожежогасіння трансформатора. Сигнали про несправність живлення відсічного клапана (вимкнення автомата або “відпадання” якоря реле) і про його спрацювання надходять на загальний станційний контролер для передачі інформації на верхній рівень керування (ГЦК).

3.3.2.14 Блокування невідповідності положення вимикача блока і вхідного автомата 0,4 кВ ТВП

Це блокування виконане на блок-контактах вимикача блока і не дозволяє вимикати автомат 0,4 кВ власних потреб ВА Т11 (Т21, Т31) при вимкненому положенні В-1 (В-21, В-52) [18]. При вимкненні В-1 (В-21, В-52) автомат 0,4 кВ автоматично вимикається.

3.4 Організація кіл оперативного постійного струму

Джерелом оперативного постійного струму для кіл РЗА є акумуляторні батареї і ЦПС ГЕС.

Вибір режиму живлення оперативних кіл здійснюється перемикачами 1ПВ, 2ПВ, 3ПВ на п.2 БЩК. Оперативний струм на пристрої РЗА подається шляхом увімкнення відповідного автомата на БЩК, АЩК, відповідно до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Подача оперативного струму на РЗА

Найменування автомата	Позначення	Панель
Г-1+Г-6 (АЩК-1+АЩК-6)		
1. Оперативний струм захистів (система 1)	АО7	3
2. Оперативний струм захистів (система 2)	А10	3
3. Оперативний струм вихідних реле захистів, ППРВ ВГ	А09	3
4. Оперативний струм кіл сигналізації	А08	3
5. Оперативний струм кіл пожежогасіння	SF4	5
6. Оперативний струм захистів на панелі 7 АЩК	SF5	5
Б-1+Б-3 (БЩК-1+БЩК-3)		
7. Оперативний струм захистів (система 1)	SF1	2
8. Оперативний струм захистів (система 2)	SF2	2
9. Оперативний струм захистів ТВП	SF3	2
10. Оперативний струм вихідних реле захистів трансформатора блока і ТВП	SF4	2
11. Оперативний струм автоматики охолодження і кіл пожежогасіння трансформатора блока.	SF5	2

3.5 Живлення пристроїв РЗА змінним струмом і змінною напругою

Джерелом змінного струму для живлення пристроїв РЗА є трансформатори струму типу ТШВ-156 (дифзахист трансформатора і захист генератора), ТВТ-35 (захист від замикання на “землю” сторони вищої напруги трансформатора), ТВТ-110, ТВТ-330 (захист трансформатора, вимірювання), ТФЗМ-110, ТРН-330 (дифзахист трансформатора, ППРВ-110, 330).

Живлення кіл пристроїв РЗА здійснюється через випробувальні блоки типу БИ4, БИ6.

Оперативними випробувальними блоками струмових кіл пристроїв РЗА є:

БЩК-1+БЩК-3 (панель 1)

БИ2 - Струмові кола МСЗ трансформатора (сторона 110, 330 кВ).

БИ3 - Струмові кола дифзахисту трансформатора (сторона 110, 330 кВ).

БИ4 - Струмові кола дифзахисту трансформатора (сторона Г-2, Г-4, Г-6).

БИ5 - Струмові кола дифзахисту трансформатора (сторона Г-1, Г-3, Г-5).

БИ7 - Кола напруги захистів системи 1 (ТН-110, 330 кВ).

БИ14 - Струмові кола захистів ТВП.

АЩК-1+АЩК-6 (панель 4)

БИ1 - Коло напруги захистів системи 1 (ЗТНГ).

БИ3 - Коло напруги захистів системи 2 (ЗТНГ).

БИ6 - Струмові кола дифзахисту генератора (сторона "0").

БИ7 - Струмові кола дифзахисту генератора (сторона головних виводів).

БИ9 - Струмові кола захистів системи 1.

БИ10 - Струмові кола захистів системи 2.

АЩК-1+АЩК-6 (панель 7)

БИ11 - Струмові кола МСЗ від струму зворотної послідовності (I2).

На панелі 1 БЩК і панелі 4 АЩК є випробувальні блоки фірми "CEGELEC". Такі пристрої є неоперативними.

Напруга для кіл РЗА генераторів і трансформаторів надходить від трансформаторів напруги: на головних виводах генератора (2ТНГ, 3ТНГ) типу ЗНОЛ-06-15-13800/V3-100/V3-100/3; "нульових" виводах генератора (1ТНГ) типу ЗОМ-1/15-63У2-13800/V3-100/V3-100-127; шин 13,8кВ (ТНБ) типу ИКМ-24/3-13800/V3-100/V3-100/3; шин 110(330)кВ (ТН-110(330) типу НКФ-110000 (330000)/V3-100/V3-100). Подача змінної напруги на пристрої РЗА здійснюється увімкненням рубильників і автоматів у відповідній шафі ТН.

Шафа ТНГ-1+6

SF1 - Кола напруги "зірки" 3ТНГ (для захисту, вимірювань, синхронізації).

SF2 - Кола напруги "трикутника" 3ТНГ (для захисту).

SF3 - Кола напруги 1ТНГ (для земляного захисту).

S1 - Кола напруги "зірки" 3ТНГ.

S2 - Кола напруги "трикутника" 3ТНГ.

S4 - Кола напруги 1ТНГ.

Шафа ТНБ-1+3

SF1 - Кола напруги "зірки" ТНБ (для захисту, вимірювань, синхронізації).

SF2 - Кола напруги "трикутника" ТНБ (для захисту).

- S1 - Кола напруги “зірки” ТНБ.
- S2 - Кола напруги “трикутника” ТНБ.

Шафа ТН-110(330) ВРП-110(330)кВ

- AB1- Кола напруги “зірки” ТН.
- AB2- Кола напруги “трикутника” ТН.
- S1 - Кола напруги “зірки” ТН.
- S2 - Кола напруги “трикутника” ТН.

Деякі кола ТН для живлення захисту приєднуються через досліджувальні блоки типу БИ-4. При виведенні з роботи відповідного ТН-110 (330) кВ кола напруги МСЗ трансформатора блока перемикаються на ТН іншої системи шин 110 (330) кВ перемикачами SA № 1(2,3) на панелі 4(3) ГЩК.

3.6 Організація системи сигналізації РЗА

При спрацюванні будь-якого із захистів гідрогенераторів або трансформаторів на відповідному реле фірми “ALSTOM” починають світитися сигнальні світлодіоди спрацювання пристрою, а на екрані (дисплея) пристрою (реле LGPG, KCGG, KBCH) з’являється повідомлення про те, який захист спрацював і дані про пошкодження (струм, фазу і т.п.). При несправності пристрою на реле подається відповідна інформація.

Реле LGPG-111

При спрацюванні захисту на реле засвітяться світлодіоди “ALARM” (Попередження), “TRIP” (Вимкнення), а на дисплеї почне мигати напис “ALARM”. При натисканні правої кнопки (ACCEPT/READ) відбувається перегляд інформації меню про функцію, що спрацювала, захист і вихідні реле пристрою, які спрацювали. При спрацюванні внутрішньої функції захисту вказується номер функції і фази, де було к.з., а саме:

- 87G GenDiff - дифзахист генератора;
- 51V OC - МСЗ із блокуванням за напругою;
- 59 OV - захист від підвищення напруги;
- 59N ND - захист від замикання на землю статора генератора (замикання на землю в мережі 13,8 кВ);
- 40 FF – контроль ліквідації пошкодження;
- 46 NPS - захист від струмової зворотної послідовності;
- 32R RP - захист від зворотної активної потужності;
- 810 OF - захист від підвищення частоти;
- 60 VB-comp - захист від несиметрії напруг ТН генератора при несправному 2ТНГ;
- 60 VB-pro - захист від несиметрії напруг ТН генератора при несправному 3ТНГ.

Реле LGPG має також спеціальні оптронні входи для фіксування спрацювання будь-яких зовнішніх пристроїв.

При спрацюванні реле від зовнішніх пристроїв на оптронних входах на дисплеї вказується тип даного пристрою:

- 51V Inhibit - блокування часу МСЗ від дугових перекриттів ВГ (при увімкненні вимикача);

- CB OPEN - вимкнення ВГ, вимкнення МСЗ від дугових перекриттів ВГ;

- No inhibit RTF7 - немає блокування захисту від втрати порушення (40 FF) від реле РТФ 7/2;

- ROTOR PROT - захист кіл збудження ротора від замикання на "землю" (реле ТОГ);

- DISTANCE PROT - дистанційний захист (реле TZ3111);

- 46 (RTF7 st3 - МСЗ по I_2 , ступінь 3 (реле РТФ 7/2);

- 46 ((RTF7 st2 - МСЗ по I_2 , ступінь 2 (реле РТФ 7/2);

- 46 (((RTF1 st1 - МСЗ по I_2 , ступінь 1 (реле РТФ1М);

- ZZG PROT - земляний захист генератора (реле ЗЗГ1);

- CB/AGP Discrep - захист при невідповідності ВГ і АГП;

- MTZ Stopped - МСЗ від подачі напруги на непрацюючий генератор;

- GAZ PROT. TRIP - вимкнення блока від газового захисту;

- GAZ PROT. SIGN - спрацювання газового захисту з подачею сигналу;

- OIL CIRC. FAULT- захищають від припинення циркулювання масла в блочному трансформаторі.

Вихідні реле пристрою вказують, які дії вони виконують:

а) захист генератора:

- Relay 1 - 810 FAULT - дія захисту від підвищення частоти на контролері;

- Relay 2 - ALARM - дія з подачею сигналу про пошкодження;

- Relay 3 - TRIP G1(2(6) - вимкнення генератора;

- Relay 4 - TRIP B1(2,3) - вимкнення блока;

- Relay 5 - PGT G1(2(6) - пуск пожежогасіння генератора;

- Relay 6 - Inhibit DZ - блокування дистанційного захисту функції контролю несиметрії напруг ТНГ.

б) захисту блока:

- Relay 2 - TRIP B1(2,3) - вимкнення блока;

- Relay 3 - Contr 1,2 (3,4;5,6) - дія на контролери генераторів;

- Relay 4 - PGT T1(2,3) - пуск пожежогасіння трансформатора;

- Relay 5 - 59N ALARM - сигналізація від захисту замикання на землю в мережі 13,8кВ;

- Relay 6 - GAZ SIGN - сигналізація газового захисту.

Після перегляду інформації про спрацювання наприкінці буде виданий запит про зняття сигналізації "RESET to clear alarms". При натисканні кнопки (RESET) зникне інформація "ALARM" на дисплеї і перестануть світитися світлодіоди "ALARM", "TRIP". Може трапитись, що світитися світлодіоди "ALARM", "TRIP", а на дисплеї не миготить "ALARM", а висвічується назва меню (при деякому непослідовному натисканні кнопок). Необхідно кнопкою (RESET) переглядати меню до напису "ALARM" (може не мигати), далі кнопкою (ACCEPT/READ) переглянути інформацію до "RESET to clear alarms", кнопкою (RESET) зняти сигналізацію.

Реле KGG122(142)

При спрацюванні захисту на реле засвітяться світлодіоди "ALARM", "TRIP", а на дисплеї висвітиться інформація про ступені, які спрацювали, захист і пошкоджені фази. При натисканні кнопки (F) ($>1c$) йде перегляд аркушів меню з заголовками. Необхідно увійти в заголовок "FLT RECORDS", далі, короткочасно, кнопкою (F) перегорнути аркуші з інформацією про пошкодження:

Fn Fault No – інформація про те, що спрацювало останнім (попередні мають символи: Fn, Fn-1, ... Fn-4);

- G1 - реле працювало на першій групі уставок;

- A (B,C) - фази, на яких було пошкодження;

- * - спрацювання 1-го ступеня захисту;

- * - спрацювання 2-го ступеня захисту;

- * - спрацювання 3-го ступеня захисту (реле KCGG142, яке призначене для такого захисту, як струмова відсічка трансформатора системи збудження);

- * - спрацювання 1-го та 2-го ступенів захисту від замикання на землю в мережі 110 (330) кВ (реле KCGG122);

- $I_{a,b,c,0}$ - величини струмів у момент спрацювання;

- CB Trp Time - час вимкнення вимикача (не використовується);

- Clear=(0)- стирання даних спрацювання реле.

Реле KBCN 140

При спрацюванні захисту на реле засвітяться світлодіоди "ALARM", "TRIP", а на дисплеї з'явиться інформація про функції захисту, які спрацювали. Як і на реле KCGG, натисканням кнопки (F) ($<1c$) з'являється інформація про спрацювання реле.

Вихід із процесу читання даних про спрацювання реле, повернення та про сигналізацію аналогічний тому, який використовується у реле KCGG.

Реле TOG

При спрацюванні захисту від замикання на землю кіл збудження на лицьовій панелі реле засвічується світлодіод. Реле також діє через оптронний вхід реле LGPG111 системи 1 (резервна дія), тому на LGPG111

з'являється повідомлення "ROTOR PROT". Зняття сигналізації здійснюється кнопкою "0".

Реле TZ3111

При спрацюванні дистанційного захисту на лицьовій панелі реле засвічуються два світлодіоди, які вказують на спрацювання дистанційних органів і функції часу. Реле також діє через оптронний вхід реле LGPG111 системи 1, тому на LGPG111 буде висвітлений напис "DISTANCE PROT". Відновлення дії сигналізації здійснюється кнопкою "0".

Реле KBCH, KCGG, LGPG мають пристрої самодіагностування, які постійно контролюють справність реле. На справному реле світиться зелений світлодіод "HEALTHY" ("справно") (на LGPG – "RELAY HEALTHY"). Коли з'являється несправність реле (відмова мікропроцесора, або інші внутрішні несправності) на його передній панелі засвічується світлодіод "ALARM" (на LGPG "OUT OF SERVICE"), реле виводиться з роботи.

На дисплеї засвітиться розшифрування несправності реле (для реле KBCH, KCGG у вигляді одиниць в логічному ряді, а для реле LGPG - у вигляді напису: "ALARM: назва пошкодження"). Конкретно вид несправності можна визначити за допомогою спеціальних програм.

При несправності реле захистів генератора пристрій діагностування діє на агрегатний контролер з подальшою дією на вихідні реле захистів генератора (MASTER TRIP) та з подальшим аварійним вимкненням і зупиненням гідроагрегату. Так само працює пристрій діагностування при втраті оперативного струму захистів системи 1 або 2.

Сигнали про несправність захистів генератора, а також про роботу реле захистів на сигнал або вимкнення надходять на агрегатний контролер для подачі інформації на верхній рівень керування (ГЩК).

При несправності двох реле з різних систем захистів трансформатора блока, а також при втраті їхнього оперативного струму, пристрій діагностики діє на вихідні реле захистів трансформатора [2,3].

При несправності будь-якого реле захистів блочного трансформатора і ТВП, а також при втраті оперативного струму захистів, пристрій діагностики діє на загальний станційний контролер для передачі інформації на верхній рівень керування (ГЩК). Також на загальний станційний контролер надходять такі сигнали:

- вимкнення автоматичних вимикачів у шафі трансформатора напруги блока;
- "земля" - на ошиновуванні 13,8 кВ (сигнал від реле LGPG111 захистів блока);
- перемагнічування блочного трансформатора (сигнал від реле KBCH140 захистів блока);
- спрацювання газового захисту трансформатора на сигнал від реле LGPG111 захистів блока.

Сигнали про спрацювання реле захистів блочного трансформатора і ТВП або сигнал про вимкнення надходять на контролери обох агрегатів з передачею інформації на верхній рівень керування (ГЦК).

Існує спеціальна інформаційна мережа, яка зв'язує всі реле захистів генераторів і трансформаторів з комп'ютером для діагностування захистів на верхньому рівні керування (ГЦК). За допомогою спеціальних програм здійснюються: налаштування реле, зняття і розшифровування інформації про стан реле і їхню роботу, зняття і розшифровування даних про пошкодження устаткування, яке захищається при спрацюванні захистів.

4 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБО І ГІДРОГЕНЕРАТОРІВ ТА ТРАНСФОРМАТОРІВ

Таблиця 4.1 - Основні технічні дані турбогенераторів [1]

Тип	$P_{ном}, МВт$	$\cos \varphi$	Статор		Ротор		Ємність на три фази, мкФ	$A = I_t^2, c^2$	Схема обмоток статора
			$U_{ном}$	$I_{ном}$	$I_{f ном}$	I_{fx}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТВФ 63-2	63	0,8	6,3	7210	1465	538	0,52	15	YY
ТВФ 63-2	63	0,8	10,5	4380	1240	450	0,61	15	YY
ТВФ 120-2	100	0,8	10,5	6875	1715	364	0,72	15	YY
ТВВ 165-2	150	0,85	18	5670	2200	730	0,462	8	Y
ТВВ 160-2	160	0,85	18	6040	2300	755	0,4	8	Y
ТГВ 200 М	200	0,85	15,75	8625	1890	720	1,2	8	Y
ТВВ 200-2а	200	0,85	15,75	8625	2540	920	0,68	8	Y
ТВФ 220-2а	220	0,85	15,75	9540	2750	920	0,68	8	Y
ТГВ 300	300	0,85	20	10200	3050	1057	1,29	8	YY
ТВВ 300-2	300	0,85	20	10200	2900	1200	0,91	8	-
ТВФ 500	500	0,85	20	17200	5120	1605	1,32	8	-
ТВФ 500-2	500	0,85	20	17200	3510	1080	0,75	8	-
ТВФ 500-4	500	0,85	20	17200	5600	1715	0,76	8	-
ТВМ 500	500	0,85	36,75	9420	5600	1715	1,11	8	-
ТВВ 800-2	800	0,9	24	21400	3850	1292	0,68	8	YY
ТГВ 800	800	0,85	24	22650	2850	1300	0,72	8	YY
ТВВ 1000-4	1000	0,9	24	26730	7020	2250	0,94	6	YY
ТВВ 1200-2	1200	0,9	24	16050	7640	2460	1,2	6	YY

Таблиця 4.2 - Розрахункові параметри турбогенераторів

Тип	ВКЗ	Реактивні опори, в.о.				Постійна часу, с		
		x_d	x'_d	x''_d	x_2	$T_{d,0}$	$T'_{d,2}$	$T''_{d,3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТВФ-63-2 6,3 кВ	0,544	1,91	0,275	0,2	0,22	6,1	1,4	0,9
ТВФ-63-2 10,5 кВ	0,537	2,18	0,224	0,139	0,17	8,7	1,4	0,9
ТВФ-120-2	0,563	1,907	0,278	0,192	0,234	6,45	1,54	0,94
ТВВ-160-2	0,475	2,3	0,329	0,221	0,2699	5,9	1,37	0,84
ТВВ-165-2	0,165	1,713	0,304	0,213	0,26	5,42	1,55	0,96
ТГВ-200 М	0,572	1,862	0,31	0,204	0,249	6,87	1,82	1,14
ТВВ-200-2а	0,512	2,106	0,272	0,18	0,22	7	1,5	0,9
ТВФ-220-2а	0,615	2,322	0,3	0,196	0,24	7	1,5	0,9
ТГВ-300	0,505	2,195	0,3	0,195	0,238	7	1,55	0,96
ТВВ-320-2	0,624	1,698	0,258	0,173	0,211	5,9	1,4	0,9
ТВФ-500	0,428	2,413	0,373	0,243	0,296	6,3	1,56	0,975
ТВФ-500-2	0,44	2,56	0,355	0,248	0,295	9,4	2,2	1,4
ТВФ-500	0,443	2,43	0,38	0,273	0,33	6,62	1,8	1,27
ТВМ-800-2	0,477	2,333	0,313	0,223	0,272	9,5	2,1	1,3
ТВВ-800	0,48	2,4	0,35	0,23	0,28	9,4	2,2	1,35
ТВВ-1000-4	0,45	2,41	0,458	0,324	0,395	9,1	2,8	1,7
ТВВ-1200-2	0,448	2,24	0,358	0,248	0,302	8,5	2,1	1,4

Таблиця 4.3 - Додаткові технічні характеристики турбогенераторів

Номер варіанта	Генератор			Трансформатор блока					$I_k = 10 \text{ кА}$	$U_C = U_{\text{ср.ном}} \text{ кВ}$	K_ϕ
	Тип	Статор		Тип	$S, \text{ МВ}\cdot\text{А}$	$U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$		U_k			
		$U_{\text{лр}}, \text{ кВ}$	$I_{\text{лр}}, \text{ А}$			ВН	НН				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ТВФ-63-2	6,3	7210	ТДЦ	80	121	6,3	10,5	5	115	5
2	ТВФ-63-2	10,5	4380	ТДЦ	80	242	10,5	11	7	230	5
3	ТВФ-63-2	6,3	7210	ТДЦ	80	242	6,3	10,5	10	115	5

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	ТВФ-120-2	10,5	6875	ТДЦ	125	121	10,5	10,5	10	115	4,9
5	ТВФ-120-2	10,5	6875	ТДЦ	125	165	10,5	11	12	154	4,9
6	ТВФ-120-2	10,5	6875	ТДЦ	125	242	10,5	10	15	230	4,9
7	ТВФ-120-2	10,5	6875	ТДЦ	125	347	10,5	11	14	340	4,9
8	ТГВ-160-2	18	6040	ТДЦ	200	121	18	10,5	12	115	4,8
9	ТГВ-160-2	18	6040	ТДЦ	200	242	18	11	17	230	4,8
10	ТГВ-160-2	18	6040	ТДЦ	200	347	18	11	19,5	380	4,8
11	ТГВ-200М	15,75	8625	ТДЦ	250	121	15,75	10,5	20	115	4,75
12	ТГВ-200М	15,75	8625	ТДЦ	250	165	15,75	11	18	154	4,75
13	ТГВ-200М	15,75	8625	ТДЦ	250	242	15,75	11	24	230	4,75
14	ТГВ-200М	15,75	8625	ТДЦ	250	347	15,75	11	22	340	4,75
15	ТГВ-200М	15,75	8625	ТДЦ	250	525	15,75	13	25	515	4,75
16	ТВВ-200-2а	15,75	9540	ТДЦ	250	165	15,75	11	20	154	4,75
17	ТВВ-63-2	15,75	9540	ТДЦ	250	242	15,75	11	25	230	4,75
18	ТВВ-63-2	15,75	9540	ТДЦ	250	347	15,75	11	28	340	4,75
19	ТВВ-63-2	15,75	9540	ТДЦ	250	121	15,75	10,5	17	115	4,75
20	ТВВ-63-2	15,75	9540	ТДЦ	250	525	15,75	13	30	515	4,75
21	ТВФ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	121	20	10,5	30	115	4,58
22	ТГВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	165	20	11	35	154	4,58
23	ТГВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	242	20	13	28	230	4,58
24	ТГВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	347	20	13	30	340	4,58
25	ТГВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	525	20	13	35	515	4,58
26	ТВВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	121	20	10,5	25	115	4,58
27	ТВВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	165	20	11	30	154	4,58
28	ТВВ-63-2	20	10200	ТДЦ	242	242	20	11	35	230	4,58
29	ТВВ-63-2	20	10200	ТДЦ	400	347	20	12	35	340	4,58
30	ТВВ-63-2	20	11200	ТДЦ	400	525	20	13	30	515	4,58
31	ТГВ-63-2	20	17000	ТДЦ	630	242	20	10,5	30	230	4
32	ТГВ-63-2	20	17000	ТДЦ	630	347	20	11	35	340	4
33	ТГВ-63-2	20	17000	ТДЦ	630	525	20	13	38	515	4
34	ТВВ-63-2	20	17000	ТДЦ	630	525	20	14	35	515	4
35	ТВВ-63-2	20	17000	ТЦ	630	242	20	12,5	35	230	4
36	ТВВ-63-2	20	17000	ТЦ	630	347	20	11	38	340	4
37	ТВВ-63-2	24	21400	ТЦ	1000	347	24	11,5	38	340	3,8
38	ТВВ-63-2	24	26750	ТЦ	1250	347	24	14	40	340	3,2
39	ТВВ-63-2	15,75	8625	ТДЦ	250	121	15,75	12	20	115	4,75
40	ТВВ-63-2	15,75	8625	ТДЦ	250	165	15,75	10,5	18	154	4,75
41	ТВВ-63-2	15,75	8625	ТДЦ	250	242	15,75	12	20	230	4,75
42	ТВВ-63-2	15,75	8625	ТДЦ	250	347	15,75	11,5	25	340	4,75

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
43	ТВВ-63-2	15,75	8625	ТДЦ	250	525	15,75	12	18	315	4,75
44	ТВВ-63-2	24	16050	ОРУ	533	525	32; 24	13,5; 22	40	515	2
45	ТВВ-1200-2	18	16050	ОРЦ	417	787	32; 24	14; 22,5	40	750	2
46	ТВВ-165-2	18	5670	ТДЦ	200	121	18	11	10	115	4,9
47	ТВВ-165-2	18	5670	ТДЦ	200	242	18	10,5	15	230	4,9
48	ТВВ-165-2	18	5670	ТДЦ	200	347	18	11	18	380	4,9
49	ТВВ-500-4	20	17000	ТДЦ	630	242	20	10,5	35	230	4
50	ТВВ-500-4	20	17000	ТДЦ	630	347	20	13	37	340	4
51	ТВВ-500-4	20	17000	ТДЦ	630	525	20	32	32	515	4
52	ТГВ-800	24	22650	ТЦ	1000	347	24	11,5	35	340	3,8

Таблиця 4.4 - Технічні характеристики гідрогенераторів

Тип	$P_{ном}$ МВА	$\cos \varphi$	$U_{ном}$ кВ	$I_{ном}$ кА	$S_{ном}$ МВА	ВКЗ	Кратність форсування	$J, \text{мм}^2 \cdot 0,25$	$T_{доп}$ с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ВГС 260/99-10	9	0,8	10,5	-	11,25	0,9	1,8	0,0045	-
ВГС 260/70-12	7	0,85	6,3	-	8,25	0,78	1,8	0,0045	-
ВГС 325/89-14	10	0,8	10,5	-	12,5	0,93	1,8	0,0125	-
ВГС 4500/375-16	4,5	0,8	6,3	-	5,63	1,2	1,8	0,0045	-
ВГС 325/64-18	6,4	0,85	6,3	-	7,5	1	1,8	0,01	-
ВГС 440/120-20	22	0,9	6,3	-	27,5	0,84	1,8	0,07	-
ВГС 525/150-20	46	0,8	10,5	-	51	1,1	1,8	0,15	-
ВГС 525/150-20	40	0,85	10,5	-	50	1,1	1,8	0,15	-
ВГС 525/110-24	26,5	0,85	10,5	-	31,25	0,95	1,8	0,114	-
ВГС 525/110-24	25	0,9	10,5	-	29,4	1,15	1,8	0,114	-
ВГС 527/110-24	29	0,8	10,5	-	32,25	1,04	1,8	0,114	-
ВГС 375/69-24	7	0,8	6,3	-	8,75	0,9	1,8	0,029	-
ВГС 375/79-24	8,8	0,8	6,3	-	11	0,88	1,8	0,033	-
ВГС 440/69-28	7,5	0,8	10,5	-	9,4	1,1	1,8	0,04	-
ВГС 525/124-28	21,5	0,8	10,5	-	26,9	1,3	1,8	0,13	-
ВГС 525/99-28	15	0,8	10,5	-	18,75	0,8	1,8	0,1	-
ВГС 525/99-28	15	0,8	10,5	-	18,75	0,8	1,8	0,4	-
ВГС 930/233-30	250	0,85	15,75	-	294	0,745	3	0,21	-
ВГС 940/235-30	300	0,85	15,75	-	353	0,81	4	2,65	-
ВГС 525/119-32	18,5	0,9	10,5	-	20,6	1,035	1,8	0,125	-

Таблиця 4.5 – Додаткові технічні характеристики гідрогенераторів

Тип	Реактивні опори, в.о.							$I_{\text{ном}} A$	$I_{\text{ном}} / I_{\text{рх.}} A$	$U_{\text{ном}} B$
	x_d''	x_d'	x_d	x_q''	x_q	x_2	x_0			
ВГС 260/99-10	0,2	0,34	1,31	-	-	-	-	415	-	110
ВГС 260/70-12	0,22	0,38	1,45	-	-	-	-	415	-	110
ВГС 325/89-14	0,22	0,35	1,2	-	-	-	-	470	-	155
ВГС 4500/375-16	0,17	0,32	0,89	-	-	-	-	300	-	150
ВГС 325/64-18	0,21	0,35	1,07	-	-	-	-	435	-	150
ВГС 440/120-20	0,21	0,3	1,35	-	-	-	-	828	-	140
ВГС 525/150-20	0,16	0,25	1,0	-	-	-	-	972	-	157
ВГС 525/150-20	0,16	0,25	1,0	-	-	-	-	1030	-	165
ВГС 525/110-24	0,2	0,32	1,1	-	-	-	-	975	-	140
ВГС 525/110-24	0,18	0,29	0,94	-	-	-	-	990	-	145
ВГС 527/110-24	0,2	0,32	1,12	-	-	-	-	1010	-	132
ВГС 375/69-24	0,24	0,3	1,2	-	-	-	-	350	-	195
ВГС 375/79-24	0,24	0,35	1,24	-	-	-	-	352	-	190
ВГС 440/69-28	0,21	0,32	0,97	-	-	-	-	436	-	185
ВГС 525/125-28	0,19	0,27	0,	-	-	-	-	1050	-	145
ВГС 525/99-28	0,27	0,38	1,4	-	-	-	-	925	-	130
ВГС 525/99-28	0,27	0,38	1,4	-	-	-	-	760	-	165
ВГС 930/233-30	0,19	0,33	1,47	-	-	-	-	1880	-	308
ВГС 940/235-30	0,24	0,38	1,31	-	-	-	-	2450	-	300
ВГС 525/119-32	0,22	0,35	1,04	-	-	-	-	805	-	176

Таблиця 4.6 - Трансформатори струму турбогенераторів

Тип генератора	Коефіцієнти трансформації		
	Лінійні виводи	Виводи зі сторони нейтралі	Поперечний диференційний захист
1	2	3	4
ТВФ-63; 6,3 кВ	10000/5	10000/5	1500/5
ТВФ-63; 10,5 кВ	6000/5	6000/5	-
ТВФ-120	10000/5	10000/5	-
ТВВ-160-2	8000/5	8000/5	-
ТТВ-200 М	10000/5	10000/5	-
ТВВ-200-2	10000/5	10000/5	1500/5
ТВВ-160-2	10000/5	10000/5	-
ТТВ-300	12000/5	12000/5	-
ТВВ-320-2	12000/5	6000/5	-
ТТВ-500	20000/5	20000/5	-
ТВВ-500-2	20000/5	10000/5	-

Продовження таблиці 4.6

ТВМ-500	12000/5	12000/5	-
ТВВ-800-2	28000/5	14000/5	2500/5
ТВВ-1000-4	30000/5	15000/5	-
ТВВ-1200-2	20000/5	10000/5	1500/5

Таблиця 4.7 - Трансформатори струму, які вбудовані у вводи силових трансформаторів і автотрансформаторів енергоблоків

Позначення виконання	Номинальний струм, А
<i>I</i>	<i>2</i>
<i>A</i>	600-400-300-200/5 або 1
<i>B</i>	600-400-300-200/1
<i>C</i>	1000-750-600-400/5 або 1
<i>D</i>	1000-750-600-400/1
<i>E</i>	1000-750-600-400/5
<i>F</i>	2000-1500-1000/5 або 1
<i>G</i>	2000-1500-1000-750/5 або 1
<i>H</i>	2000-1500-1000-750/1
<i>I</i>	2000-1500-1000-500/1
<i>K</i>	3000-2000-1500-1000/5 або 1
<i>L</i>	3000-2000-1500-1000/1
<i>M</i>	3000-2000-1000/1
<i>N</i>	3000-2000-1500/1
<i>O</i>	4000-3000-2000/5 або 1
<i>P</i>	4000-3000-2000-1000/1
<i>O</i>	12000/5
<i>R</i>	6000/5

Таблиця 4.8 – Трифазні трансформатори енергоблоків

Тип	S_n МВ·А	U_n кВ		U_n %	Схема	Вбудовані трансформатори струму		Потужність генератора в блоці, МВт
		ВН	НН			зі сторони ВН	в нейтралі	
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
ТДЦ	80	121; 242	6,3; 10,5	10,5 11	Y/Δ	C A	A	63
ТДЦ	125	121; 165; 242	10,5	10,5 11	Y/Δ	F C; A	A	100

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТДЦ	125	347	10,5	10,5 11	Y/Δ	F C; A	A	100
	200	121; 242; 347	18	10,5 11		F G; C	A	160
	250	121; 165; 242; 347; 525	15,75	10,5 11 13	Y/Δ	O E, G, C I	C A D	200
	400	121; 165; 242; 347; 525	20	10,5 11 13	Y/Δ	O K, G, H I	C C; C; B	300
ТЦ	630	242; 347; 525	20 24	12,5 11 14 14	Y/Δ	K L I	C D D D	500 1000
	1000	347	24	11,5		L	D	800
	1250	347	24	14		N	D	1000

Таблиця 4.9 – Однофазні трансформатори енергоблоків

Тип	$S_{\text{н}}$, МВ·А	$U_{\text{н}}$, кВ		$U_{\text{н}}$, %		Схема групи в блоці	Вбудовані трансформатори струму		Потужність генератора в блоці, МВт
		ВН	НН	ВН-НН	НН ₁ -НН ₂		зі сторони ВН	в нейтралі	
ОРЦ-417000/750	417	$787/\sqrt{3}$	$\frac{20-20}{24-24}$	14	Не менше 22,5	Y/Δ-Δ	М	М	$\frac{2 \times 500}{1000}$
ОРЦ-533000/500	533	$525/\sqrt{3}$	24-24	13,5	Не менше 22	Y/Δ-Y	Л	І	1200

5 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ РОЗДІЛУ “РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА”

5.1 Класифікація схем

Терміни і їхні визначення: *Електрична схема* - графічний конструкторський документ, на якому за допомогою графічних позначень, зображені електричні складові частини об'єкта і зв'язок між ними.

Елемент - складова частина об'єкта, яка має самостійне графічне позначення, а також визначене функціональне призначення, і не може бути розділена на частини, що мають самостійне функціональне призначення (резистор, конденсатор і ін.).

Пристрій - сукупність елементів, які утворюють єдину конструкцію (блок, плата). Він може не мати в об'єкті чітко визначеного функціонального призначення.

Функціональна група - сукупність елементів, які виконують в об'єкті визначену функцію і не об'єднаних у єдину конструкцію.

Функціональна частина - елемент, пристрій або функціональна група, які мають в об'єкті чітко визначене функціональне призначення.

Функціональне коло - лінія, канал, тракт визначеного призначення (канал звуку, відеоканал, тракт НВЧ).

Лінія зв'язку - лінія на схемі, що вказує на наявність зв'язку між функціональними частинами об'єкта.

Лінія електричного зв'язку - лінія на схемі, що вказує шлях проходження струму, сигналу і т.д.

Об'єкт - умовне найменування захисту (пристрої, установки, мережі), яке застосовується як загальне поняття.

Схеми, в залежності від призначення (для загального ознайомлення, визначення розташування елементів і т.п.), поділяються на типи, які належать до чотирьох груп. Кожному типу надається шифр, який має три цифри: перша цифра вказує на групу, друга і третя цифри – на тип у даній групі, наприклад, 101- схема структурна (група 1, тип 01).

Схеми групи 1 призначені для загального ознайомлення з електричними складовими частинами об'єкта і вивчення загальних принципів їхньої роботи та взаємозв'язків: структурна (101), яка визначає основні складові частини об'єкта, їхнє призначення і взаємозв'язок; функціональна (102). Вона пояснює процеси, які протікають в окремих функціональних частинах або в об'єкті в цілому.

Схеми розробляють при проектуванні на стадіях, що передують розробці схем інших груп.

Схеми групи 2 призначені для визначення повного складу і докладного вивчення принципів роботи об'єкта, а також для його розрахунку:

- принципова (201), яка визначає повний склад елементів та зв'язків між ними і дає детальне уявлення про принципи роботи об'єкта;

- еквівалентна (202), призначена для аналізу і розрахунку параметрів (характеристик) об'єкта або його функціональних частин.

Схеми є основою для розробки інших конструкторських документів, зокрема, креслень, а також для розробки схем груп 3 і 4. Ними користуються при налаштуванні, регулюванні, контролі, експлуатації і ремонті захистів.

Схеми групи 3 призначені для подачі інформації про електричні з'єднання складових частин об'єкта або об'єкта в цілому:

- схема з'єднань (301), що показує електричні з'єднання складових частин об'єкта і головних каналів, вузлів і кабелів для здійснення цих з'єднань, а також місця їхнього приєднання і введення (затискачі, роз'єми, прохідні ізолятори);

- загальна схема з'єднань (302), яка визначає складові частини комплексу й електричні з'єднання їх між собою на місці експлуатації;

- схема приєднання (303), яка показує зовнішні приєднання об'єкта.

Схеми використовують при розробці інших конструкторських документів, насамперед, креслень, які визначають прокладання і способи кріплення проводів, джгутів і кабелів в об'єкті, а також для здійснення приєднань при налаштуванні, контролі, експлуатації об'єктів.

Схеми групи 4 призначені для визначення відносного розташування об'єктів або складових частин об'єкта, а, при необхідності, також електричних з'єднань (проводів, вузлів, кабелів):

- схема розташування (401) визначає відносне розташування складових частин об'єкта;

- схема електроустановки і проводки на планах (402) визначає відносне розташування складових частин об'єкта в будинках і спорудах;

- схема електропостачання і зв'язку (403) визначає відносне розташування складових частин об'єкта на місцевості.

Схемами цієї групи користуються при розробці інших конструкторських документів, а також при виготовленні й експлуатації об'єктів.

Комбінування схем. На схемах одного типу дозволяється наводити фрагменти схем інших типів, з використанням відповідних правил виконання.

Комплектність схем. Необхідна кількість типів схем, які розробляються при проектуванні релейного захисту, а також кількість схем кожного типу визначається проектантом у залежності від особливостей релейного захисту. Комплект схем повинен бути, по-можливості, мінімальним, але містити інформацію в об'ємі, достатньому для проектування, виготовлення, експлуатації і ремонту релейного захисту. Між схемами одного комплексу повинен бути встановлений однозначний зв'язок, який забезпечує

можливість швидкого одержання необхідної інформації про елементи, які є в релейному захисті на всіх схемах цього захисту.

5.2 Типи схем

Структурна схема визначає основні функціональні частини захисту, їх призначення та взаємозв'язки.

Функціональна схема показує окремі процеси, які протікають в окремих функціональних колах або у захисті в цілому. Такі схеми використовуються при вивченні принципів роботи захистів, при їх налаштуванні, контролі та ремонті.

Схема електрична принципова визначає повний склад елементів та зв'язків між ними та, як правило, дає детальне уявлення про принципи роботи захисту. Принципова схема є вихідним документом для розробки інших конструкторських документів, в тому числі, і креслень.

При розробці конструкторських документів, які визначають прокладання і способи кріплення проводів, джгутів та кабелів або трубопроводів у захисті, а також для здійснення приєднань при контролі, експлуатації та ремонті захистів, використовують схему з'єднань.

Для здійснення зовнішніх приєднань захистів, при їх експлуатації, використовують схеми приєднання.

Складові частини захисту, а також з'єднання їх між собою на місці експлуатації визначає загальна схема.

Відносно розташування складових частин захистів та (при необхідності) проводів, джгутів, кабелів наводять на схемі розташування.

Коли на одному конструкторському документі необхідно виконати схеми двох або декількох типів на один і той же захист, тоді рисують об'єднану схему.

Вид та тип схеми визначають за її найменуванням і кодом.

5.3 Схема електрична структурна

Електрична структурна схема визначає основні функціональні частини захисту (елементи, пристрої, функціональні групи), їх призначення і зв'язки.

Всі функціональні частини на схемі наводять у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень (УГП). При зображенні прямокутниками - найменування, умовні позначення або номери функціональних частин вписують в середину прямокутників. Умовні позначення і номери повинні бути розшифровані на вільному полі схеми в таблиці довільної форми. Позиційні позначення записують над УГП або справа від них.

Прямокутники чи УГП на схемі з'єднують лініями електричного зв'язку, на яких стрілками показують напрямок проходження робочого проце-

су. Структурна схема повинна доповнювати інформацію про хід робочого процесу в напрямку зліва-направо, згори-донизу.

Якщо функціональних частин багато, останні замінюють квадрантами зі сторонами кратними 12 мм. В цьому випадку, замість найменувань, типів і позначень проставляють порядкові номери справа від зображення або над ним, як правило, зверху-вниз у напрямі зліва-направо, і розшифровують в таблиці довільної форми, яку розміщують на вільному полі схеми.

На схемі рекомендується розміщувати пояснювальні надписи, діаграми, таблиці, параметри у характерних точках (величини струмів, напруг, форми і величини імпульсів), математичні залежності та ін.

5.4 Схема електрична функціональна

Функціональна схема показує процеси, які протікають в окремих функціональних колах захисту або у захисті в цілому. Ця схема, в порівнянні зі структурною, більш детально розкриває функції окремих елементів чи пристроїв.

На схемі зображують всі функціональні частини захисту та основні зв'язки між ними.

Функціональні частини на схемі зображують у вигляді УГП, згідно з діючими державними стандартами. Дозволяється окремі функціональні частини, на яких немає УГП, наводити у вигляді прямокутників, а також розкривати ці частини до рівня принципівих схем.

Дозволяється об'єднувати функціональні частини в функціональні групи, які виділяють на схемі штрих-пунктирними лініями. Кожній виділеній групі надається найменування або умовне позначення.

На схемі повинно бути вказано:

- найменування або умовне позначення кожного елемента схеми, вписане в прямокутник для кожної функціональної частини, яка нарисована прямокутником;
- позиційне позначення для кожної функціональної частини або елемента, який зображений УГП.

Якщо функціональна схема використовується разом з принциповою, то позиційне позначення елементів та функціональних частин на цих документах повинні бути однаковими. Перелік елементів в цьому випадку для функціональної схеми, не розробляють, оскільки користуються даними принципової схеми.

Якщо функціональна схема розробляється самостійно (без принципової), то позиційне позначення елементів і функціональних частин вказують за загальними правилами і розробляють перелік елементів.

На функціональних схемах рекомендується вказувати поряд з графічним позначенням, чи на вільному полі схеми, технічні характеристики функціональних частин, діаграми, параметри сигналів тощо.

5.5 Схема електрична принципова

Схема електрична принципова є найбільш повною схемою захисту і дає детальне уявлення про принцип його роботи.

На схемі зображують всі складові частини захисту і зв'язки між ними, а також елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні кола (роз'єми, затискачі і т.п.).

Схему слід виконувати для режиму, коли захист знаходиться у вимкненому стані. Якщо ж режим інший, то на полі схеми вказують режим для якого виконується схема.

Всі елементи і зв'язки між ними на схемі приводять за допомогою УГП, згідно з діючими державними стандартами, і розміщують так, щоб схема була найбільш наглядною, зручною для читання.

Схеми рекомендується виконувати по рядках: умовні графічні позначення пристроїв та їх складових частин, які належать до одного кола, рисують послідовно одне позначення за іншим по прямій, а окремі кола у вигляді паралельних горизонтальних або вертикальних рядків.

Елементи, які у захисті використовуються частково, дозволяється рисувати не повністю, а тільки ті частини, які використовуються.

Виводи невикористаних частин УГП слід креслити короткими.

Дозволяється рисувати однією лінією декілька електрично нез'язаних ліній зв'язку. При цьому кожну лінію в місці злиття на обох кінцях позначають умовними позначеннями (цифровими або літерно-цифровими).

На схемі дозволяється вказувати характеристики вхідних кіл захистів (частоту, напругу, силу струму, опір та ін.), а також параметри, які підлягають вимірюванню на контрольних контактах. Знаки або графічні позначення, які повинні бути нанесені на панель захисту, розташовують біля відповідних елементів в лапках.

Дозволяється вказувати адреси зовнішніх з'єднань вхідних та вихідних кіл захисту, якщо вони відомі.

Умовні графічні позначення вхідних та вихідних елементів – з'єднувачів, плат та інших елементів дозволяється замінити таблицями довідних розмірів. Таблицям присвоюють позиційні позначення елементів, які вони заміняють. Послідовність розташування контактів в таблиці визначається зручністю побудови схеми.

Всі елементи на схемі повинні мати літерно-цифрове позиційне позначення (ПП), яке записують тільки великими літерами латинського алфавіту та арабськими числами, однаковим шрифтом, в один рядок без пропусків (*R1*, *C25*, ...), справа від УГП або над ними. Порядкові номери присвоюють в напрямку зверху-вниз, зліва-направо, в межах виду елемента. При виконанні схеми на кількох аркушах порядкові номери продовжують. ПП і номер є обов'язковими частинами УГП.

При об'єднанні елементів у функціональні групи, порядковий номер елементів проставляють в межах групи і присвоюють порядковий номер групі.

На полі схеми дозволяється розташовувати:

- вказівки про марки, перерізи та кольори проводів і кабелів, які з'єднують елементи, пристрої, функціональні групи;
- вказівки про специфічні вимоги до електричного монтажу даного захисту.

УГП можуть виконуватися сполучним або рознесеним способом:

- при сполучному способі складові частини елемента зображують на схемі так, як вони розміщені в панелі захисту, тобто разом;
- при рознесеному способі складові частини елемента розміщують в різних частинах схеми так, як це обумовлено послідовністю процесу роботи захисту. При цьому додають порядковий номер частини елемента, розділяючи крапкою (DA1.2).

Кожна схема повинна мати перелік елементів (ПЕ), в якому записують всі елементи, що зображені на схемі.

Заповнюють ПЕ за групами елементів в алфавітному порядку відповідно до їх порядкового номера.

У графі "Найменування" повинно бути вказано: тип елемента, його параметри і позначення документа, згідно з яким його використовують (ТУ, ДСТУ), наприклад,

С1	K53-14 - 16 В - 22 мкФ ± 20 %	ОЖО.464.139 ТУ
DA1	KP142EH5A	БКО.348.634-02 ТУ
R1	СП5-2 - 1 Вт - 100 Ом ± 5 %	ОЖО.468.559 ТУ

ПЕ розміщують на першому аркуші схеми або виконують у вигляді самостійного документа.

В першому випадку його розміщують над основним написом, але не ближче 12 мм (продовження - зліва від основного напису). В другому випадку - на аркушах формату А4 з основним написом за формою 2 і розміщують в додатках пояснювальної записки. При цьому в графі 1 основного напису вказують найменування захисту, а нижче - "Перелік елементів".

Якщо в схему входять функціональні групи, то в ПЕ спочатку записують елементи, які не входять в групу, а потім вказують порядковий номер функціональної групи, найменування групи (яке підкреслюють) і їх кількість. Далі записують елементи, які входять в групу за вищевказаними правилами.

Якщо на схемі є УГП мікросхеми, на яких не вказані виводи для приєднання живлення, то на вільному полі схеми рисують таблицю за формою:

Таблиця 5.1 – Приєднання мікросхем до шин живлення

Шина живлення	Виводи мікросхем		
	DD1, DD4	DD2	DD3, DD5 ... DD8
+ 5 В	20	16	14
0 В	10	08	07

5.6 Схеми з'єднань

На схему з'єднань наносять всі пристрої та елементи, які належать до захисту, та їх з'єднання – проводи, вузли, кабелі, вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі, плати та ін.).

На схемі з'єднань приведені :

- пристрої – у вигляді прямокутників та спрощених зовнішніх обрисів;

- елементи – у вигляді УГП, прямокутників або спрощених зовнішніх обрисів.

Правила зображення вхідних та вихідних елементів, які встановлені для принципів електричних схем, залишаються і для схем з'єднань. З'єднувачі дозволяється зображати без окремих контактів.

Взагалі проводи, групи проводів, вузли та кабелі показують на схемі окремими лініями товщиною 0,4 – 1 мм. Декілька проводів, які розміщуються на схемі в одному напрямку, дозволяється об'єднувати в загальну лінію з зображенням при підході до контактів, кожного проводу окремо.

Проводи, джгути, кабелі, жили кабелю повинні бути пронумеровані, в межах захисту, окремо. Їх позначення на схемі наносять по-різному: номери кабелів проставляють в колах, які розташовані в розривах зображень кабелів біля місць відгалуження; номери джгутів – на полицях ліній, які винесені біля місць відгалуження проводів. Дозволяється над кабелем проводити його позначення, якщо з'єднання читається по схемі однозначно.

Дозволяється розташовувати на схемі необхідні технічні вказівки (над основним написом), наприклад, величини допустимих відстаней між проводами, джгутами та кабелями.

Схема повинна також містити відомості про проводи, кабелі (марку, переріз проводу, кількість та переріз жил в кабелі та ін.), які приводять або біля ліній, якими рисують проводи і кабелі, або в таблиці з'єднань. Форму таблиці з'єднань вибирає розробник схеми в залежності від відомостей, які необхідно показати в схемі (рисунок 26). Таблицю приводять на першому аркуші схеми над основним написом на відстані не ближче 12 мм від нього (продовження – зліва від основного напису) або у вигляді самостійного документа на форматі А4 з основним написом.

В таблиці записують спочатку окремі проводи, а потім джгути проводів та кабелів у порядку зростання їх номерів. В графі "Примітки" роз-

ташовують дані про ізоляційні трубки та ін.

5.7 Схеми приєднання, загальні схеми та схеми розміщення

На електричній схемі приєднання рисують захист у вигляді прямокутника; вхідні і вихідні елементи (з'єднувачі, затискачі і т.п.) – у вигляді умовних графічних позначень з вказуванням позиційних позначень відповідно до електричної принципової схеми. В кінці проводів і кабелів зовнішнього монтажу, які підводяться до вхідних і вихідних елементів, наносять позначення з необхідними даними про приєднання захисту. Зображення вхідних і вихідних елементів в середині графічного позначення захисту повинно відповідати їх дійсному розміщенню у захисті.

На електричній загальній схемі елементи, які належать до панелі захисту, рисують у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень чи зовнішніх обрисів. Графічні позначення пристроїв і елементів, у тому числі вхідних і вихідних, слід розташовувати близько до їх дійсного розміщення у захисті.

Відомості про елементи і пристрої (їх назва, тип і позначення документа, на основі якого вони використані) розміщують біля графічних позначень елементів, пристроїв. При великій кількості елементів ці відомості дають у переліку елементів за формою, яка приведена для принципової схеми. В такому випадку, біля графічних позначень елементів і пристроїв проставляють позиційні позначення.

На загальних схемах та схемах приєднання показують проводи, вузли і кабелі окремими лініями з позначенням їх порядкових номерів у межах захисту (дозволяється наскрізна нумерація проводів, джгутів і кабелів, якщо проводи, які входять в джгути пронумеровані в межах кожного вузла).

Позначення проводів, кабелів і вузлів, а також необхідні відомості про них записують так само, як на схемах з'єднань.

На схемі рисують складові частини захисту у вигляді спрощених зовнішніх обрисів або умовних графічних позначень (при необхідності рисують зв'язки між ними), а також конструкцію приміщення або місцевість, де ці складові частини будуть розміщені. Розташування графічних позначень складових частин повинно відповідати їх дійсному розміщенню у конструкції. Схема містить відомості про складові частини: назву, тип і позначення документа, на основі якого вони застосовані.

При великій кількості складових частин ці відомості записують у перелік елементів за формою, передбаченою для електричних принципових схем.

5.8 Схема розміщення

Схема розміщення визначає відносне розміщення складових частин захисту.

Складові частини захисту зображують спрощеними зовнішніми контурами видом зверху, у відповідності з їх дійсним розміщенням у захисті.

Біля графічних зображень складових частин або в середині них пишуть позначення, які були надані на принциповій схемі.

5.9 Рисунок схеми

Схеми виконують без дотримання масштабу, дійсне просторове розташування складових частин об'єкта не враховують або враховують приблизно. Розташування умовних графічних позначень на схемі визначається зручністю читання схеми і повинно забезпечувати найкраще уявлення про структуру захисту і взаємозв'язки його складових частин.

Для цього при побудові рисунка схеми потрібно дотримуватись таких вимог:

- елементи, які спільно виконують визначені функції, повинні бути згруповані і розташовані відповідно до розвитку процесу, зліва направо;
- розташування елементів всередині функціональних груп повинне забезпечувати просту конфігурацію кіл (з мінімальною кількістю зламів і перетинань ліній зв'язку);
- додаткові і допоміжні кола (елементи та зв'язки між ними) повинні бути виведені зі смуги, зайнятої основними колами.

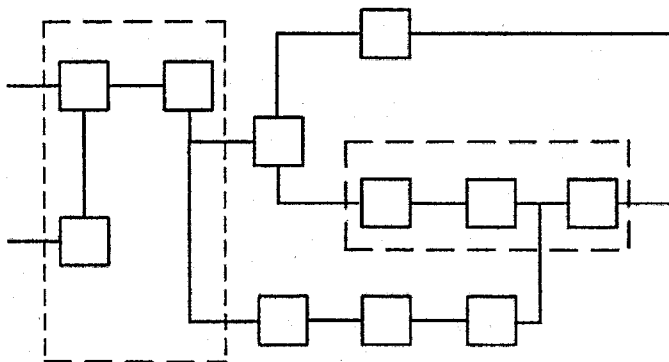


Рисунок 5.1 - Виконання схеми в межах умовного контуру

У цьому випадку на полі схеми можна писати повні умовні графічні позначення функціональних частин або таблиці, які пояснюють їхнє розта-

шування.

Лінії зв'язку зображують у вигляді горизонтальних і вертикальних відрізків, які мають мінімальну кількість зламів і взаємних перетинань. Для спрощення рисунка схеми дозволяється застосовувати похилі лінії, які обмежують, по можливості, їхню довжину. Розмір проміжку між двома сусідніми рівнобіжними лініями повинен бути не менше 2 мм, незалежно від прийнятої товщини ліній.

Дозволяється рисувати схеми в межах умовного контуру, який спрощено відтворює конструкцію захисту (умовні контури при цьому виконуються суцільними тонкими лініями).

На схемах дозволяється графічно виділяти пристрої, функціональні групи, частини схеми, які належать до певних видів обладнання, а також частини схеми, які безпосередньо не належать до захисту, але які рисують для кращого розуміння схеми. Для виділення пристроїв і функціональних груп використовується тонка штрих пунктирна лінія з однією точкою, а для графічного поділу частин схеми - тонка штрих пунктирна лінія з двома точками. Фігура, яка окреслюється, як правило, повинна бути прямокутником (рис. 5.1).

5.10 Правила виконання принципової схеми

Схема є найбільш повною електричною схемою об'єкта, на якій зображують всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю в об'єкті заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи прислання (роз'єми, затискачі), які закінчують вхідні і вихідні кола. Дозволяється рисувати на схемі сполучні і монтажні елементи, встановлювані в об'єкті за конструктивною необхідністю, а також приводити спрощені зображення неелектричних елементів (пневмоприводи, вузли для вимикачів і т.п.). Неелектричні елементи рисують за допомогою умовних графічних позначень або спрощених конструктивних зображень.

Електричні елементи на схемі зображують умовними графічними позначеннями, розміри яких встановлені в стандартах. Елементи і пристрої, що мають декілька положень контактів, зображують у положенні, яке відповідає знеструмленому стану. Елементи і пристрої, які приводять в дію механічно, рисують в нульовому або у вимкненому положенні. У технічно обгрунтованих випадках дозволяється окремі елементи схеми рисувати в обраному робочому положенні з позначенням режиму, для якого нарисовані ці елементи. Елементи, які використовують у захисті частково, дозволяється рисувати не повністю, а тільки ті частини захисту, які використовуються.

Умовні графічні позначення елементів, функціональних груп і пристроїв виконують сполучним або рознесеним способом. При сполучному способі складові частини елементів або пристроїв зображують на схемі так, як вони розташовані у захисті, тобто, в безпосередній близькості один

до одного. При рознесеному способі умовні графічні позначення складових частин елементів розташовують у різних місцях схеми, з урахуванням порядку проходження по них струму (тобто послідовно), так щоб окремі кола були зображені більш чітко. Рознесеним способом дозволяється креслити як окремі елементи або пристрої (наприклад, обмотки і контактні групи реле, контакти штепсельних роз'ємів, половини комбінованої радіолампи й ін.), так і всю схему, яка роздільно зображує частини елементів, можна з'єднувати лінією механічного зв'язку (штрихова лінія), яка вказує на належність їх до одного елемента. При зображенні елементів рознесеним способом дозволяється на вільному полі схеми розташовувати умовні графічні позначення елементів, виконані сполучним способом. При цьому елементи, які використані в захисті частково, зображують цілими з вказанням використаних і невикористаних частин (наприклад, усі контакти реле). Виводи невикористаних частин зображують коротшими від використаних виводів (рис. 5.2).

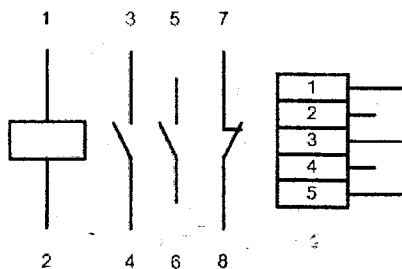


Рисунок 5.2 - Зображення виводів (які використовуються і які не використовуються) на схемі

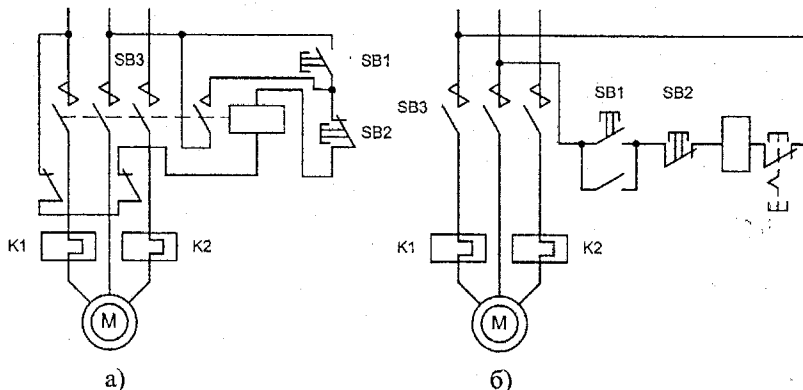


Рисунок 5.3 - Схеми дистанційного керування двигуном, виконані: а - сполучним, б - рознесеним способами

Принципова схема дистанційного керування двигуном за допомогою магнітного пускача зображена сполучним (рис. 5,а) і рознесеним (рис. 5,б) способами.

Схеми виконують у багатолінійному або однолінійному зображенні. При багатолінійному зображенні кожне коло рисують окремою лінією, а елементи в колах - окремими умовними позначеннями, як показано на рис. 6,а. При однолінійному зображенні кіл, які виконують ідентичні функції, зображують однією лінією, а однакові елементи цих кіл - одним умовним позначенням (рис. 6,б). Однолінійне зображення рекомендується для спрощення креслення схем з великою кількістю ліній зв'язку і при великій протяжності ліній (наприклад, принципові схеми силових кіл).

Рекомендується виконувати схеми рядковим способом: умовні графічні позначення елементів або їхніх складових частин відповідно до функціонального призначення групувати в горизонтальні і вертикальні кола. При цьому дозволяється нумерувати кола арабськими цифрами.

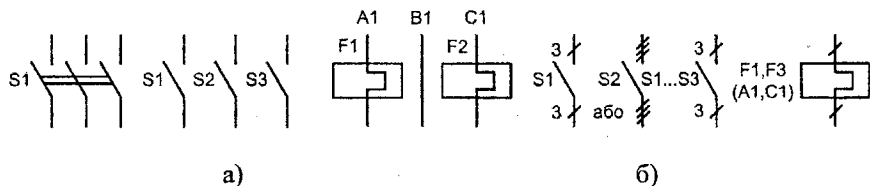


Рисунок 5.4 – Схеми: а- в багатолінійному, б - в однолінійному зображеннях

До складу схеми, крім зображення, входять написи, які характеризують вхідні і вихідні кола, позиційні позначення елементів і перелік елементів. Біля умовних графічних позначень елементів, призначення або використання яких в умовах експлуатації вимагає пояснення, повинні бути подані написи, знаки або графічні позначення, ідентичні тим, які будуть нанесені на панель захисту. Написи, призначені для нанесення на панель захисту, на схемі беруть у лапки.

Схеми необхідно виконувати у відповідності до вимог стандартів ЄСКД на встановлених форматах. При використанні комп'ютерних графічних редакторів дозволяється друкувати креслення і схеми на аркушах принтерного формату.

Кожен аркуш графічної частини повинен мати рамку робочого поля і основні написи. На плакатах основний напис розміщують з тильної сторони у відповідному місці (справа-внизу).

Кожна схема повинна мати назву, яка визначається назвою виду і типу схеми, наприклад, *Схема електрична принципова*.

Назву схеми вписують в графу 1 основного напису після назви захисту, для якого розроблена схема, і шрифтом меншого розміру. Назву за-

хисту слід записувати в називному відмінку однини, розташовуючи на першому місці іменник. Знак перенесення в назвах не використовується, крапка в кінці не ставиться.

Всі надписи на схемах повинні виконуватися креслярськими шрифтами.

Посилання на графічну частину виконують за формою:

"... приведено на схемі 08-29,ДП.015.00.000 ЕЗ".

Нижче приведені основні правила виконання деяких типів схем, які найчастіше використовуються в графічній частині.

5.11 Правила виконання схем релейного захисту та автоматики

Структурна схема призначена для відображення системи контролю та керування виробничими процесами даної електричної станції (або її окремих цехів: паливно-транспортного, котло-турбінного, хімовдоочищення та інших) та встановлює взаємні зв'язки між щитами, пунктами керування, оперативними робочими постами основних груп технологічного обладнання і показує адміністративно-технічну суть централізованого керування об'єктом.

В загальному випадку на структурних схемах автоматизації умовними графічними зображеннями показують: керувальні обчислювальні машини, всі оперативні і диспетчерські щити та пункти, які входять у структуру проєктованої електростанції; диспетчерські і оперативні щити та пункти керування, які не входять до складу розроблюваного проєкту електростанції (в розділі "Релейний захист та автоматика"), але зв'язані з ним системами контролю і керування; цехи з поділом на відділення, дільниці, агрегати або групи обладнання; лінії технологічних потоків; лінії оперативного зв'язку з зазначенням напрямку проходження інформації.

Оперативні і диспетчерські щити та пункти керування, які входять в структуру автоматизації об'єкта, що проєктується, зображують на схемі у вигляді прямокутників, всередині яких виконують такі написи: найменування щита або пункту, вид оперативного зв'язку, найменування основного чергового персоналу (наприклад, оператор, апаратник і т.п.), перелік основних задач.

Диспетчерські і оперативні щити та пункти керування, які не входять до структури даного проєкту, зображуються на схемі у вигляді кіл, в які вписують їх найменування і найменування чергового персоналу.

Для наглядності креслення контурні лінії умовних зображень цехів (або інших виробничих підрозділів), щитів, пультів і пунктів контролю та керування, лінії функціональних зв'язків між ними виконуються ширшими лініями (0,5 мм), ніж лінії умовного поділу всередині умовних зображень (0,2 мм). При наявності ліній технологічних потоків, останні виконуються лініями товщиною не менше 1 мм.

Види оперативного зв'язку позначаються літерами, наприклад: ДАК — дистанційне автоматизоване керування; К — контроль; ТК — телекерування і т.д., які наносяться над лініями зв'язку.

При виконанні структурних схем масштабу не дотримуються.

5.12 Схема релейного захисту і автоматики функціональна

Функціональна схема релейного захисту і автоматики [11] є основним проєктним документом, який визначає структуру та рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта (генератора, трансформатора і т.п.) електричної станції (або електричної станції в цілому), яка проєктується, і оснащення цього об'єкта приладами та засобами автоматизації (в тому числі засобами обчислювальної техніки). На функціональній схемі за допомогою умовних зображень показують технологічне обладнання, комунікації, органи керування, прилади і засоби автоматизації та ін. з зазначенням зв'язків між ними, таблиці умовних позначень і необхідних пояснень.

Функціональна схема РЗА графічно поділяється на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема (або фрагмент електричної схеми), а в нижній креслять прямокутники, які умовно показують: розташування місцевих приладів, щитів, пультів, пунктів контролю та керування, керувальні машини і т.п.

Обладнання і комунікації зображуються тонкими лініями, технологічні потоки виділяються більш товстими лініями. У зображенні об'єктів повинні бути пояснювальні написи (найменування обладнання, номери та інші), а також вказані стрілками напрямки потоків згідно з ДЕСТ 2.721-74. Місця входження і виходу сигналів на прямокутниках відповідних блоків показують точками діаметром 1,5 – 2 мм, біля яких вказують кількість і умовне позначення каналів.

Графічні умовні зображення приладів і засобів автоматизації, їх розміри і позначення літерами повинні відповідати стандарту ДСТУ21.404-85.

Прилади і засоби автоматизації показують на функціональних схемах розгорнутим способом, згідно з яким кожний прилад чи блок, який входить в єдиний комплект, показують окремими умовними графічними зображеннями. У верхній частині зображення (кола, овалу) наносять позначення вимірюваної величини та функції, яка виконується приладом в порядку їх розміщення, зліва-направо. В нижній частині вказують позиційне позначення комплексу вимірювання або його окремих елементів. Всі прийняті умовні буквені позначення повинні бути розшифровані на схемі.

Лінії зв'язку зображують однієї лінією і підводять до графічних зображень приладів зверху, знизу, збоку. Напрямок передачі інформації вказують стрілками. Для зменшення перетинів ліній зв'язку, останні дозволяється розривати. В місцях розриву обидва кінці лінії зв'язку нумерують одним і тим самим арабським числом. Нумерація розривів ліній

зв'язку з боку щитових приладів дається в порядку зростання номерів. Відстань між паралельними лініями зв'язку повинна бути не менша 3 мм.

5.13 Схема автоматики принципова

Принципова схема автоматики [11] визначає повний перелік складових частин захисту і зв'язків між ними, і дає детальне уявлення про принцип його роботи. За способом виконання розрізняють сполучні принципові схеми і рознесені.

На сполучних схемах прилади і апарати зображують в збірному вигляді, тобто, всі зображення елементів, які входять в комплект РЗА (котушки, конденсатори, електромагніти, контакти та ін.), розміщують всередині умовного графічного зображення релейного захисту. За допомогою сполучних принципових схем зображують принцип дії складних систем автоматизації.

В принциповій схемі, виконаній рознесеним способом, кожен прилад чи апарат зображується у вигляді окремих складових частин, які з'єднують в ряд електричних кіл лініями зв'язку. Електричні кола слід розміщувати у відповідності з послідовністю роботи окремих елементів за часом.

Елементи комутаційних пристроїв зображують у вимкненому або вихідному стані.

Кожен елемент, зображений на схемі, повинен мати літерно-цифрове позиційне позначення.

5.14 Умовні графічні позначення у схемах

Таблиця 5.2 - Умовні позначення на схемах релейного захисту

Перша літера коду (обов'язкова)	Група виду елементів	Приклади видів елементів	Дволітерний код
1	2	3	4
А	Пристрої (загальне позначення)	Підсилювачі, прилади телекерування, лазери, мазери	

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4
В	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або, навпаки, аналогові, багаторозрядні перетворювачі, сенсори для індикації або вимірювання	Гучномовець Магнітострикційний вимикач Детектор іонізуючих випромінювань Сельсин-приймач Телефон (капсуль) Сельсин-датчик Тепловий датчик Фотоелемент Мікрофон Датчик тиску П'єзоелемент Сенсор частоти обертання (тахогенератор) Звукознімач Датчик швидкості	BA BB BD BE
С	Конденсатори		
Д	Схеми інтегральні, мікрозборки	Схема інтегральна аналогова Схема інтегральна цифрова, логічний елемент Пристрої збереження інформації Пристрої затримки	DA DD DS DT
Е	Елементи різні (освітлювальні прилади, нагрівальні елементи)	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна Піронабій	EK EL ET
Ф	Розрядники, запобіжники, захисні прилади	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії Запобіжник плавкий Дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	FA FP FU FV
Г	Генератори, джерела живлення, кварцові осцилятори	Батарея (акумуляторна)	GB
Н	Індикаційні і сигнальні пристрої	Прилад звукової сигналізації Символьний індикатор Прилад світлової сигналізації	HA HG HL

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4
Н	Індикаційні і сигнальні пристрої	Прилад звукової сигналізації Символьний індикатор Прилад світлової сигналізації	НА HG HL
К	Реле, контактори, пускачі	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги	КА KH KK KM KT KV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
М	Двигуни постійного і змінного струму		М
Р	Прилади, вимірювальне обладнання	Амперметр Лічильник імпульсів Частотомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії	РА РС РF РI РK
Р	Прилади, вимірювальне обладнання.	Омметр Регульовальний прилад Годинник, вимірювач часу Вольтметр Ватметр	PR PS PT PV PW
Q	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах (електропостачання, живлення обладнання і т. п.)	Вимикач автоматичний Короткозамикач Роз'єднувач	QF QK QS
R	Резистори	Терморезистор Потенціометр Вимірювальний шунт Варистор	RK RP RS RU
S	Пристрої комутаційні в колах керування, сигналізації і у вимірювальних колах. Примітка. Позначення SF застосовують для апаратів, як не мають контактів силових кіл	Вимикач або перемикач Вимикач кнопковий Вимикач автоматичний Вимикачі, що спрацьовують від різних впливів: рівня тиску положення частоти обертання	SA SB SF SL SP SQ SR SK

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги	TA TS TV
V	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	Діод, стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Лінії й елементи НВЧ	Відгалужувач Короткозамикач Вентиль	WE WK WS
A	Антени	Трансформатор, фазообертач Атенюатор Антена	WT WU WA
X	З'єднання контактні	Струмознімач, контакт ковзаючий Штир Гніздо З'єднання розбірне З'єднувач високочастотний	XA XP XS XT XW
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом	YA YB YC
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагнітний патрон або плита	YH
Z	Пристрої кінцеві, фільтри Обмежувачі	Обмежувач Фільтр кварцевий	ZL ZQ

Таблиця 5.3 - Літерний код та функційні позначення

Літерний код	Функціональне призначення	Літерний код	Функціональне призначення
A	Допоміжний	N	Вимірювальний
B	Напрямок руху (вперед, назад, вгору, вниз, за годинниковою стрілкою, проти годинникової стрілки)	P	Пропорційний
C	Рахувальний	Q	Стан (старт, стоп, обмеження)
D	Диференційний	R	Повернення, зкидання
F	Захисний	S	Запам'ятовування, запис
G	Досліджувальний	T	Синхронізація, затримка
H	Сигнальний	V	Швидкість (прискорення, гальмування)
I	Інтегрувальний	W	Додавання
K	Поштовхний	X	Добуток
	Головний2	Y	Аналоговий
		Z	Цифровий

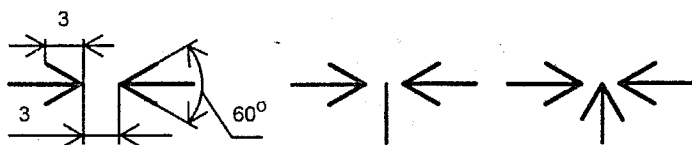


Рисунок 5.5 - Іскровий проміжок:

а - двоелектродний; б - двоелектродний симетричний; в - триелектродний

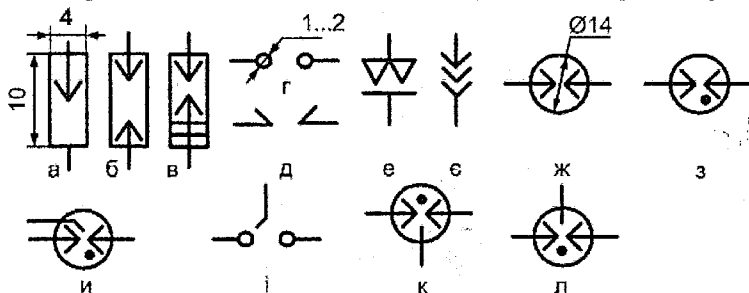


Рисунок 5.6 - Розрядники

На рисунку 5.6 приведено : а - загальне позначення розрядника. а також позначення наступних розрядників: б - трубчастого; в - вентильного і магніто-

вентильного; г - кулькового; д - рогового; е - вугільного; е - електрохімічного; ж - вакуумного; з - іонного двоелектродного з газовим наповненням; и - іонного керованого; і - кулькового з запалювальним електродом; к - симетричного з газовим наповненням; л - триелектродного з газовим наповненням

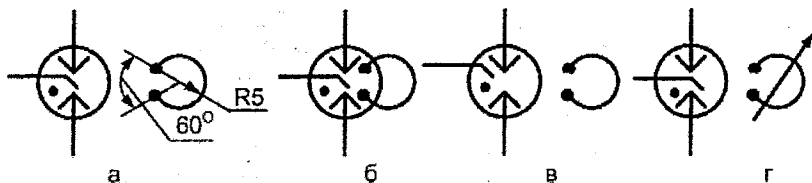


Рисунок 5.7 - Розрядник високочастотний вузькополосний:
а - з зовнішнім резонатором; б - з внутрішнім резонатором; в - з переналаштовувальним зовнішнім резонатором (переналаштовування за рахунок зміни розміру розрядного проміжку); г - з переналаштовувальним внутрішнім резонатором

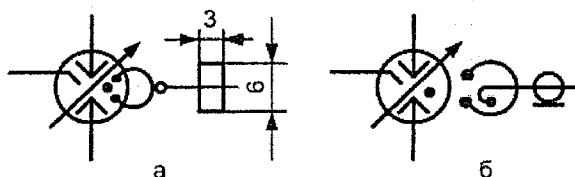


Рисунок 5.8 - Увімкнення вузькополосних розрядників у хвилевід:
а - через отвір зв'язку; б - через петлю зв'язку

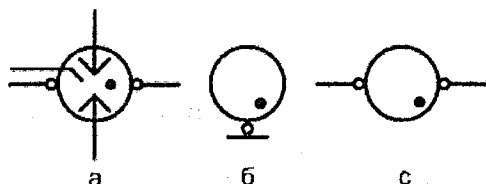


Рисунок 5.9 - Розрядник високочастотний широкополосний:
а - захисту приймача; б - блокування передавача; в - попереднього захисту приймача

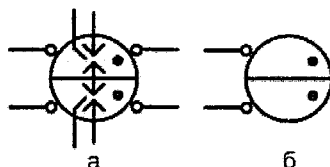


Рисунок 5.10 - Розрядник здвоєний:
а - захисту приймача; б - блокування передавача
Дозволяється позначення (рис.5.6 д, е, ж) розташовувати в прямокутнику. При позначенні розрядника, який переналаштовується, позначення

налаштування (стрілку) рисують на зображенні того елемента, яким виконується налаштування.

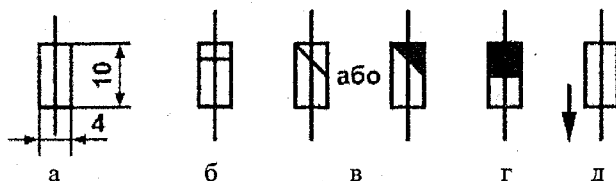


Рисунок 5.11 - Запобіжник плавкий:

а - загальне позначення; б - дозволяється виділяти сторону, яка залишається під напругою; в - інерційний; г - повільнодіючий (тугоплавкий); д - швидкодіючий

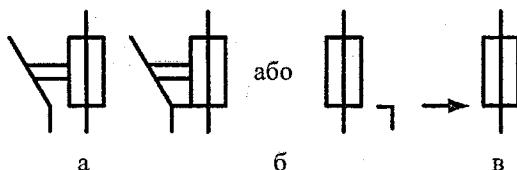


Рисунок 5.12 - Запобіжник з сигнальним пристроєм:

а - з самостійним колом сигналізації; б - з загальним колом сигналізації; в - без вказування на кола сигналізації

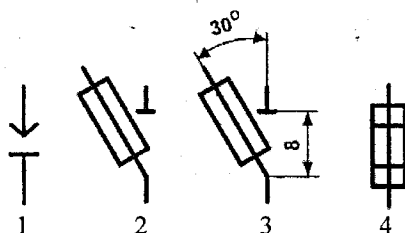


Рисунок 5.13 - Інші позначення запобіжників:

1 - запобіжник пробивний; 2 - роз'єднувач-запобіжник; 3 - вимикач-запобіжник; 4 - котушка термічна (запобіжна)

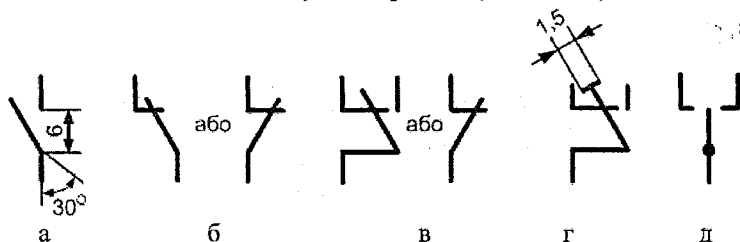


Рисунок 5.14 - Контакт комутаційного пристрою:

а - замикальний; б - розмикальний; в - перемикальний; г - перемикальний без розмикання кола; д - перемикальний із середнім положенням

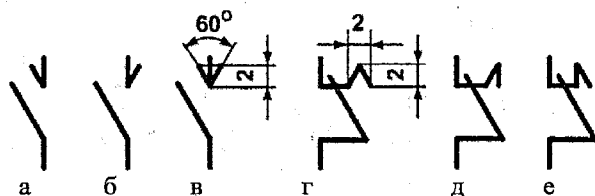


Рисунок 5.15 - Контакт імпульсний: а - замикальний при спрацюванні; б - при поверненні; в - при спрацюванні і поверненні; г - розмикальний при спрацюванні; д - при поверненні; е - при спрацюванні і поверненні

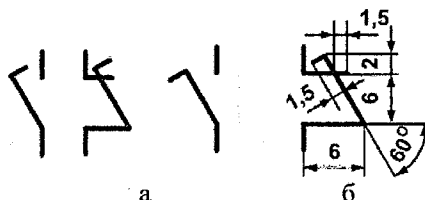


Рисунок 5.16 - Контакт у контактній групі:
а - спрацьовуючий раніше відносно інших контактів групи (замикальний і розмикальний); б - спрацьовуючий пізніше відносно інших контактів групи (замикальний і розмикальний)

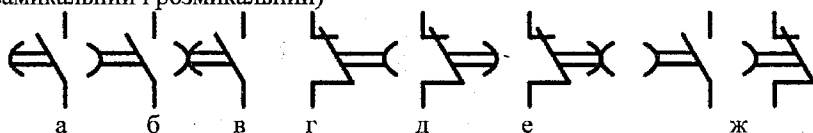


Рисунок 5.17 - Контакт з уповільнювачем: замикальний, який діє:
а - при спрацьовуванні, б - при поверненні, в - при спрацьовуванні і поверненні; розмикальний, який діє: г - при спрацьовуванні, д - при поверненні, е - при спрацьовуванні і поверненні; ж - позначення уповільнювача (дозволяється рисувати з протилежного боку від позначення рухомого контакту)

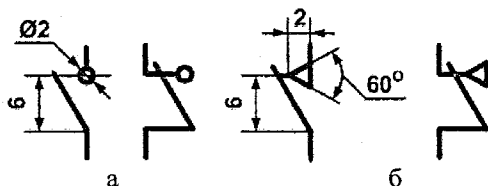


Рисунок 5.18 - Контакт (замикальний і розмикальний):
а - без само-повернення; б - з самоповерненням

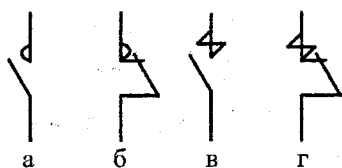


Рисунок 5.19 - Контакт для комутації сильноточового кола:
а - замикальний; б - розмикальний; в - замикальний дугогасильний;
г - розмикальний дугогасильний

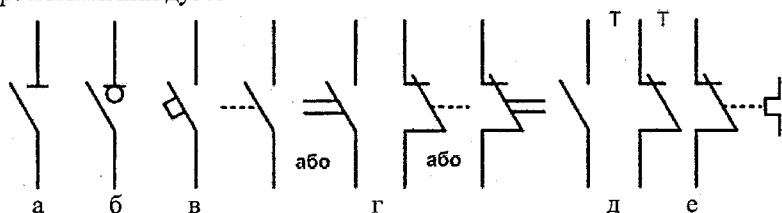


Рисунок 5.20 - Контакт: а - роз'єднувача; б - вимикача-роз'єднувача;
в - з автоматичним поверненням при перевантаженні; г - з механічним зв'язком (замикальний і розмикальний); д - чутливий до температури (термоконтакт - замикальний і розмикальний); е - електротеплове реле при рознесеному способі зображення реле

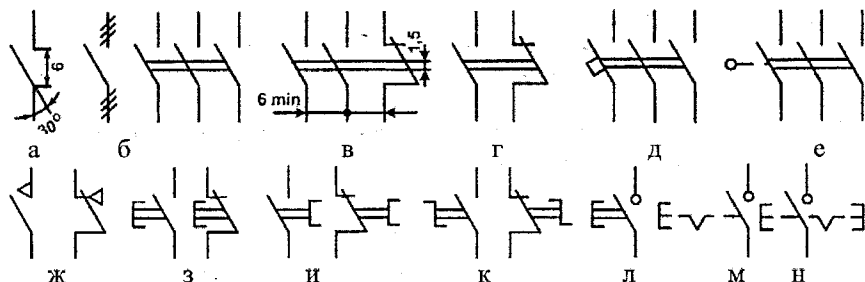


Рисунок 5.21 - Вимикач (двопозиційний комутаційний пристрій):
а - однополюсний; б - триполюсний; в - триполюсний із двома замикальними й одним розмикальними контактами; г - двополюсний, який замикає одне коло раніше від розмикання іншого; д - триполюсний з автоматичним поверненням; е - шляховий триполюсний; ж - однополюсний із самоповерненням (замикальний і розмикальний); з - кнопковий натискний (з замикальним і розмикальними контактами); и - кнопковий витяжний (з замикальним і розмикальними контактами); к - кнопковий поворотний (з замикальним і розмикальними контактами); л - кнопковий без самоповернення натискний (з поверненням за допомогою витягування кнопки); м - за допомогою повторного натискання кнопки; н - за допомогою окремого приводу (спеціальної кнопки)

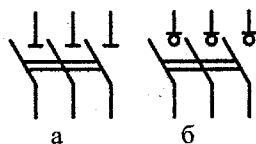


Рисунок 5.22 - Двопозиційний комутаційний пристрій: а - роз'єднувач триполюсний; б - вимикач-роз'єднувач триполюсний

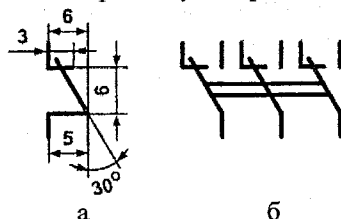


Рисунок 5.23 - Перемикач: а - однополюсний; б - триполюсний

Знаки, які використовуються для позначення величини, при зміні якої відбувається повернення реле в початковий стан приведені на рисунку 5.22.

$$\begin{array}{ccc} I > & I < & I \leftarrow \\ U > & U < & T^0 > \end{array}$$



Рисунок 5.24 - Знаки: а - знаки проставляють біля позначення вимикача, б - триполюсний автоматичний вимикач максимального струму

Дозволяється умовні графічні позначення комутаційних пристроїв виконувати в дзеркальному зображенні (рис.5.23 а,б).

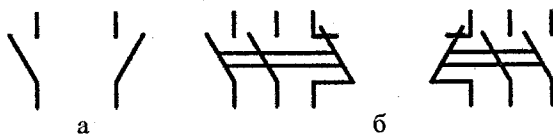


Рисунок 5.25 - Дзеркальне зображення позначень комутаційних пристроїв

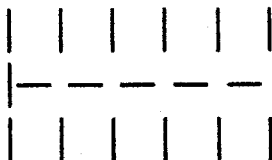


Рисунок 5.26 - Перемикач багатопозиційних незалежних кіл

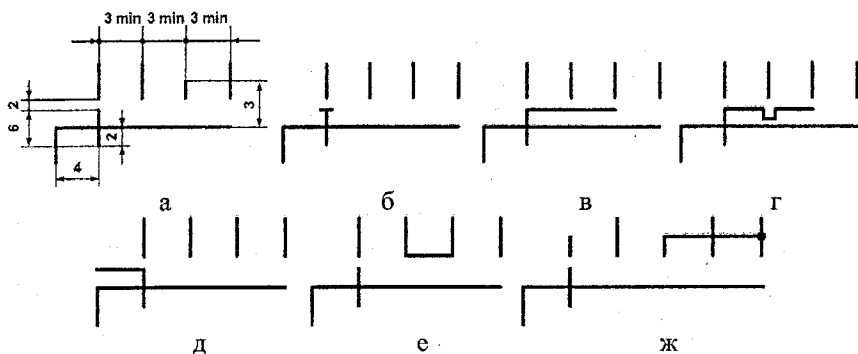


Рисунок 5.27 - Перемикачі однополюсні багатопозиційні:

а - чотирипозиційний перемикач, який не комутує електричне коло у третій позиції; б - з безперервним перемиканням; в - багатопозиційний з рухомих контактом, який замикає три сусідні кола в кожній позиції; г - з рухомих контактом, що замикає три кола, крім одного проміжного; д - з рухомих контактом, який у кожній наступній позиції під'єднує коло до інших кіл, замкнених у попередній позиції; е - з рухомих контактом, який не розмикає кола при переході контакту з третьої в четверту позицію

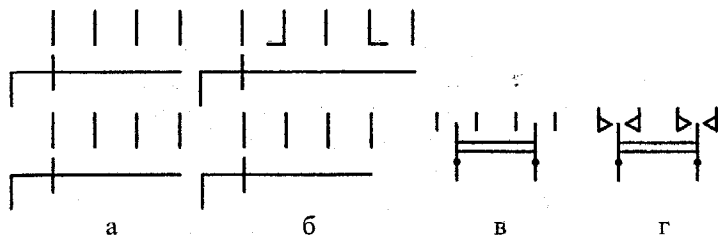


Рисунок 5.28 - Перемикач двополюсний багатопозиційний:

а - чотирипозиційний, загальне позначення; б - шестипозиційний, у якому третій контакт верхнього полюса спрацьовує раніше, а п'ятий пізніше від відповідних контактів нижнього полюса; в - трипозиційний з нейтральним положенням; г - трипозиційний із самоповерненням у нейтральне положення

Позиції перемикача, в яких відсутні кола, що комутуються, або позиції, з'єднані між собою, позначають короткими штрихами, як показано для шестипозиційного перемикача. Він не комутує електричне коло у першій позиції і комутує те саме коло у четвертій і шостій позиціях. Якщо необхідно позначити обмеження руху приводу перемикача, то застосовують діаграму положення (рис. 5.29).

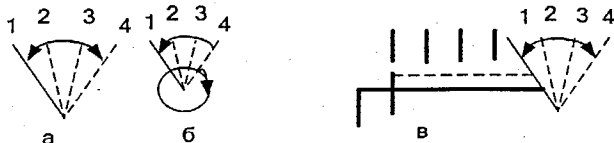


Рисунок 5.29 - Діаграма положення: а - привід забезпечує перехід рухомого контакту від позиції один до позиції чотири і назад; б - переходи рухомого контакту від позиції один до позиції чотири і далі в позицію один (зворотний рух можливий тільки від позиції три до позиції один); в - діаграма положення, зв'язана з рухомим контактом перемикача лінією механічного зв'язку

Перемикачі зі складною комутацією рисують на схемі одним із способів, які приведені на рисунку 5.30

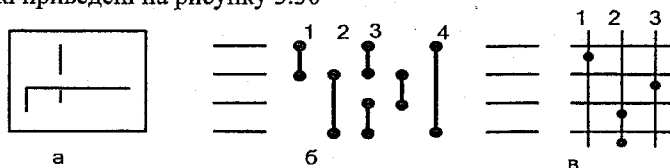


Рисунок 5.30 - Перемикачі зі складною комутацією: а - перший спосіб - перемикач рисують у вигляді умовної позначки, таблицю замикання контактів розташовують на полі схеми; б - другий спосіб; в - третій спосіб (крапка вказує на позицію замикання відповідного контакту)

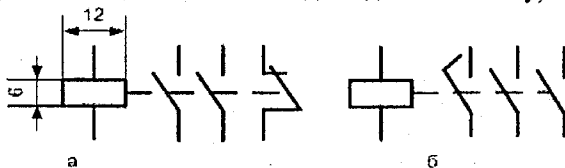


Рисунок 5.31 - Реле електричне: а - з двома замикальними контактами і одним перемикальним контактом; б - із замикальними контактами, один із яких спрацьовує раніше ніж інший

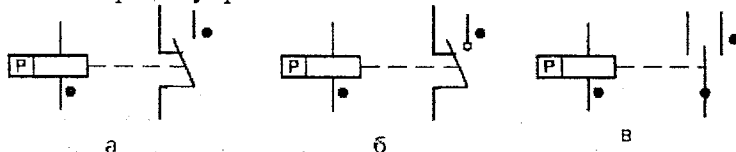


Рисунок 5.32 - Реле поляризоване: а - на один напрямок струму в обмотці з самоповерненням; б - на один напрямок струму в обмотці без самоповернення; в - на два напрямки струму в обмотці з нейтральним положенням

Контакт, який позначений на рисунку 5.30 крапкою, замикається при подачі напруги постійного струму. Позитивний полюс джерела напруги подається на вивід котушки реле, який позначений крапкою.

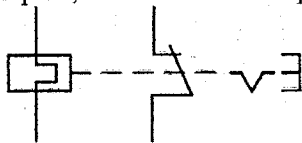


Рисунок 5.33 - Реле електротеплове без самоперення, з поверненням при натисканні кнопки

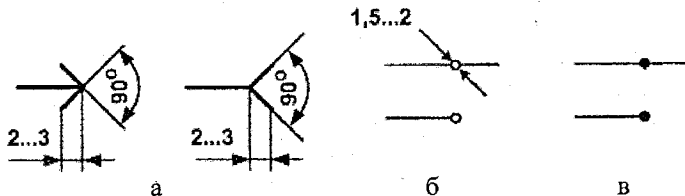


Рисунок 5.34 - Контакт в контактному з'єднанні:
а - роз'ємного з'єднання (штир і гніздо); б - розбірного з'єднання;
в - нерозбірного з'єднання

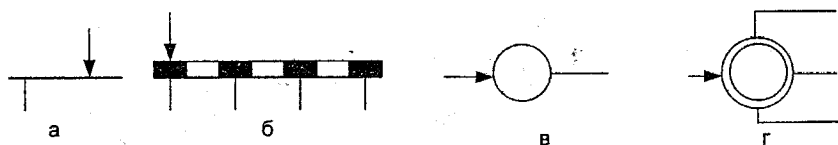


Рисунок 5.35 - Контакт ковзний: а - по лінійній струмопровідній поверхні; б - по декількох лінійних струмопровідних поверхнях; в - по коловій струмопровідній поверхні; г - по декількох кільцевих струмопровідних поверхнях

Співвідношення довжин провідних і ізолюваних ділянок у позначенні ковзного контакту, а також їхня кількість визначаються конструкцією захисту.

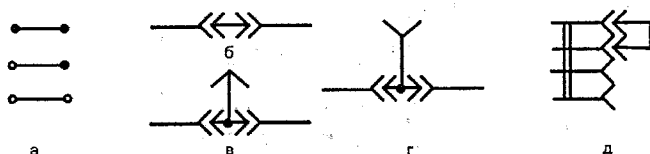


Рисунок 5.36 - Перемички: а - контактна; б - комутаційна на розми-
кання; в - з виведеним штирем; г - з виведеним гніздом; д - на перемикання

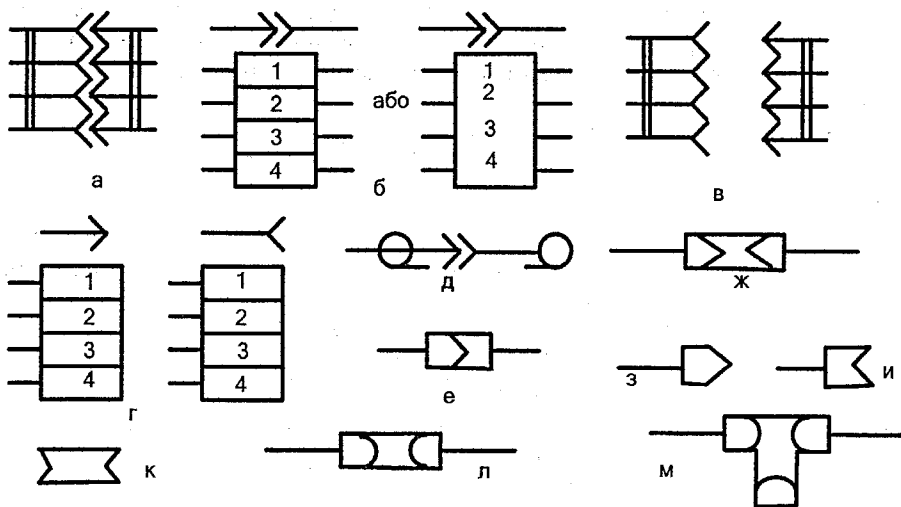


Рисунок 5.37 - Контактне роз'ємне з'єднання: а, б - чотирипровідне; в, г - штир або гніздо (цифри всередині прямокутників відповідають номерам контактів); д - коаксіальне (високочастотне); дозволяється застосовувати позначення: е - з'єднання контактне роз'ємне; ж - з'єднання контактне роз'ємне прохідне; з - штир; і - гніздо; к - гніздо прохідне; л - з'єднання контактне роз'ємне коаксіальне прохідне; м - трійник коаксіальний

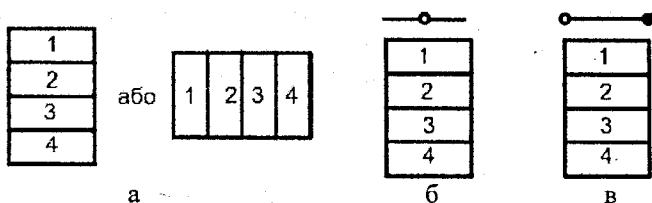


Рисунок 5.38 - Колодка затискачів: а - загальне позначення; б - колодка з розбірними контактами; в - з розбірними і нерозбірними контактами

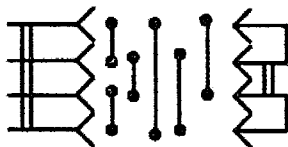


Рисунок 5.39 - Вставка-перемикач



Рисунок 5.40 - Елементи схем

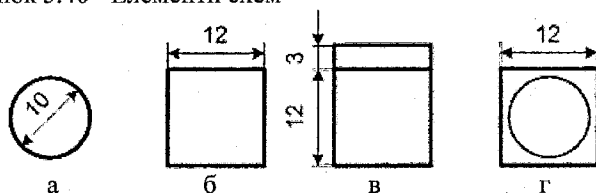


Рисунок 5.41 - Види контурів для позначення приладів (ДЕСТ 2.729-68):

а - показувальний, вимірювальний; б - реєструвальний; в - інтегрувальний; г - комбінований (показувальний і реєструвальний)



Рисунок 5.42 - Датчик вимірюваної неелектричної величини

При великій насиченості умовних позначень приладів елементами, розміри контурів можна збільшити, в порівнянні з приведеними.

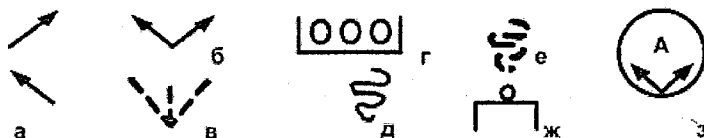


Рисунок 5.43 - Символи для позначення характеристик відлікового пристрою РЗА: а - відхилення стрілки вправо або вліво; б - відхилення в обидва боки від нульової поділки; в - прилад вібраційної системи; г - прилад з цифровим відліком; д - з безперервною реєстрацією; е - з крапковою реєстрацією; ж - друкувальний з цифровою реєстрацією; з - з реєстрацією перфоруванням

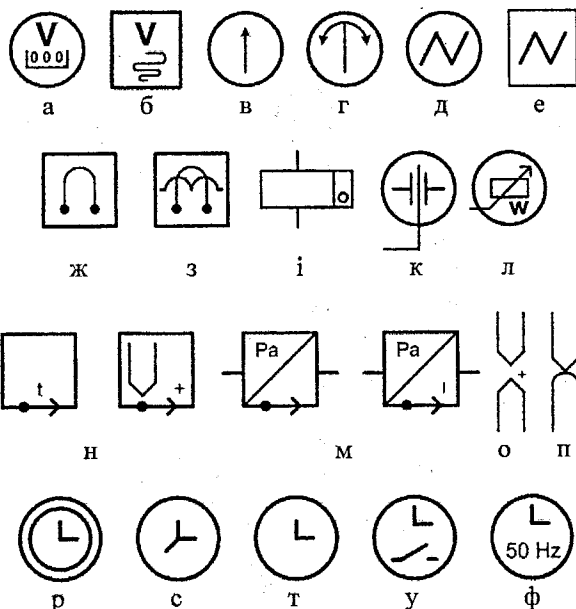


Рисунок 5.44 - Позначення приладів: а - вольтметр з цифровим відліком; б - з безперервною реєстрацією; в - гальванометр; г - синхроскоп; д - осцилограф; е - осцилоскоп ; ж - гальванометр осцилографічний (струму чи напруги); з - миттєвої потужності; і - лічильник імпульсів; к - електрометр; л - болометр напівпровідниковий; м - датчик температури; н - датчик тиску; о - термоперетворювач безконтактний; п - контактний; р - годинник первинний; с - з вказанням годин, хвилин і секунд; т - годинник вторинний; у - з контактним пристроєм; ф - синхронні на визначену частоту, наприклад, $\sim 50 \text{ Hz}$

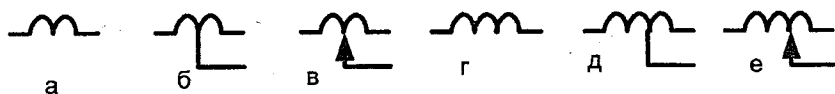


Рисунок 5.45 – Обмотки вимірювальних приладів при зображенні їх рознесеним способом: а - струмова; б - напруги; в - секціонована з відводами струмова; г - те ж, напруги; д - секціонована перемикальна струмова; е - те ж, напруги

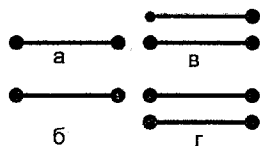


Рисунок 5.46 - Обмотки в схемах вимірювальних приладів, які показують взаємне розташування обмоток; а - струмова; б - напруги; в - обмотки для додавання або вирахування струмові; г - те ж, напруги

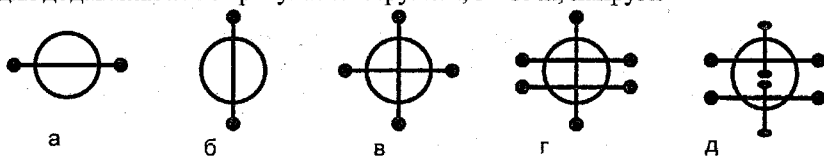


Рисунок 5.47 - Позначення вимірювальних механізмів приладів: а - однообмотковий амперметр; б - однообмотковий вольтметр; в - ватметр однофазний; г - трифазний одноелементний з двома струмовими обмотками; д - трифазний двоелементний

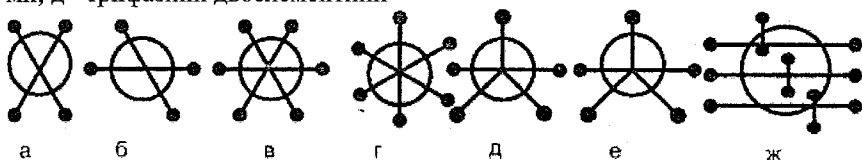


Рисунок 5.48 - Логометри: а - магнітоелектричний (омметр-логометр); б - феродинамічний (частотомір); в - електродинамічний (фазометр); г - триобмотковий (фазометр трифазний з двома струмовими обмотками); д - чотириобмотковий (синхроскоп трифазний); е - чотириобмотковий (фазометр трифазний з одною струмовою обмоткою); ж - ватметр трифазний триелементний

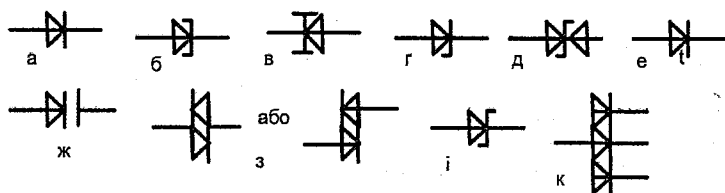


Рисунок 5.49 - Діоди: а - загальне позначення; б - тунельний; в - обернений; г - стабілітрон (діод лавинний випрямний); д - стабілітрон двосторонній; е - термоелектричний; ж - варикап; з - двонаправлений діод; і - діод Шотки; к - модуль з декількома однаковими діодами з загальним анодним і самостійними катодними виводами

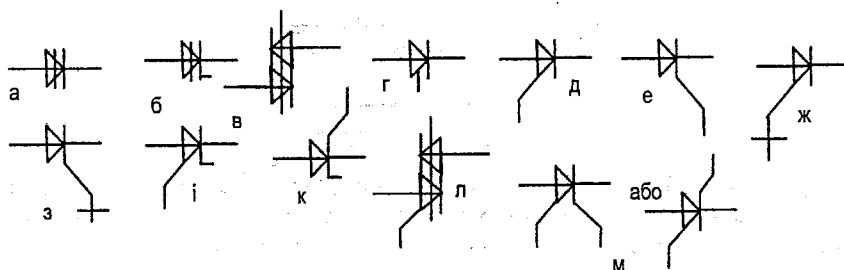


Рисунок 5.50 – Тиристри: а - діодний, що замикається в зворотному напрямку; б - діодний, який проводить струм у зворотному напрямку; в - діодний симетричний; г - тріодний (загальне позначення); д - тріодний, який замикається в зворотному напрямку з керуванням по аноду; е - те ж, з керуванням по катоду; ж - тріодний, який замикається в зворотному напрямку, який вимикається, з керуванням по аноду; з - те ж, з керуванням по катоду; і - тріодний, який проводить у зворотному напрямку, з керуванням по аноду; к - те ж, з керуванням по катоду; л - тріодний симетричний (двонаправлений); м - тетродний, який замикається в зворотному напрямку.

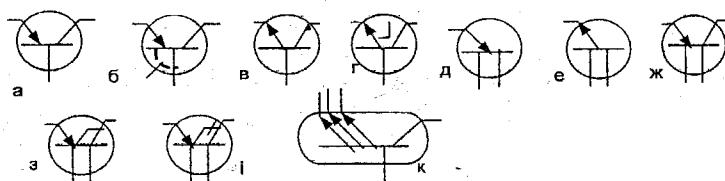


Рисунок 5.51 – Транзистори з PN - переходами: а - типу PNP; б - типу PNP з виводом від зовнішнього екрана; в - типу PNP з колектором, електрично з'єднаним з корпусом; г - лавинний типу NP, д - одноперехідний з N-базою; е - те ж, з P-базою; ж - типу PNP із двома базовими виводами, з - типу PNIP; і - з виводом від і-зони; к - багатоємітерний транзистор типу NP

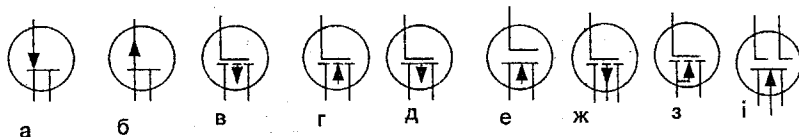


Рисунок 5.52 - Польові транзистори: а - з каналом N-типу; б - з каналом P-типу; в - з ізолюваним затвором збагаченого типу з P каналом; г - те ж, з N-каналом; д - збідненого типу з P-каналом; е - збідненого типу з N каналом; ж - збагаченого типу з P-каналом з виводом від підкладки; з - збагаченого типу з N - каналом і з внутрішнім з'єднанням підкладки та джерела; і - транзистор з двома ізолюваними затворами збідненого типу з N-каналом і виводом від підкладки. Зображення кола є обов'язковим

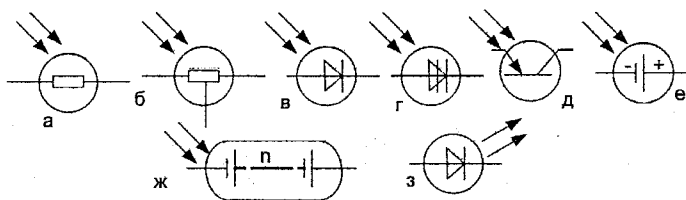


Рисунок 5.53 - Фоточутливі і випрямні прилади: а - фоторезистор; б - диференційний фоторезистор; в - фотодіод; г - діодний фототиристор; д - фото-транзистор типу PNP; е - сонячний фотоелемент (знаки полярності дозволяється не вказувати); ж - фотобатарея з n сонячних елементів; з - світлодіод

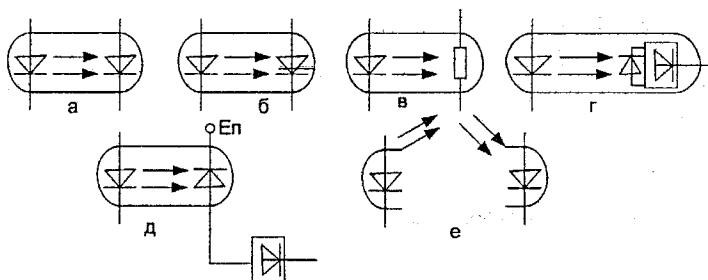


Рисунок 5.54 - Оптиелектронний прилад (оптрон): а - діодний, б - тиристорний; в - резисторний; г - діодний з підсилювачем, нарисовані сумісно; д - те ж, окремо

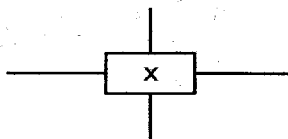


Рисунок 5.55 - Датчик Холла

Дозволяється зображувати оптоелектронні прилади рознесеним способом (рис.5.54, е). При цьому знак оптичної взаємодії повинен бути замінений знаками оптичного випромінювання і поглинання. Взаємна орієнтація позначень джерела і приймача випромінювання не встановлюється, а визначається зручністю креслення схеми.

За умови фотоелектричного ефекту, стрілки повинні бути спрямовані до рисунка приладу - приймача, а при оптичному випромінюванні стрілки направляються від рисунка приладу - випромінювача. У польових транзисторах лінія джерела повинна розташовуватись на продовженні лінії затвора

Розміри умовних графічних позначень напівпровідникових приладів приведені на рисунках 5.56, 5.57.

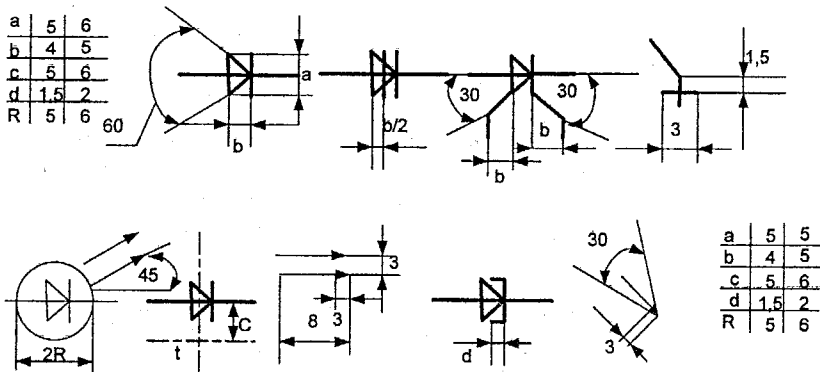


Рисунок 5.56 - Діоди, диністори, тиристори

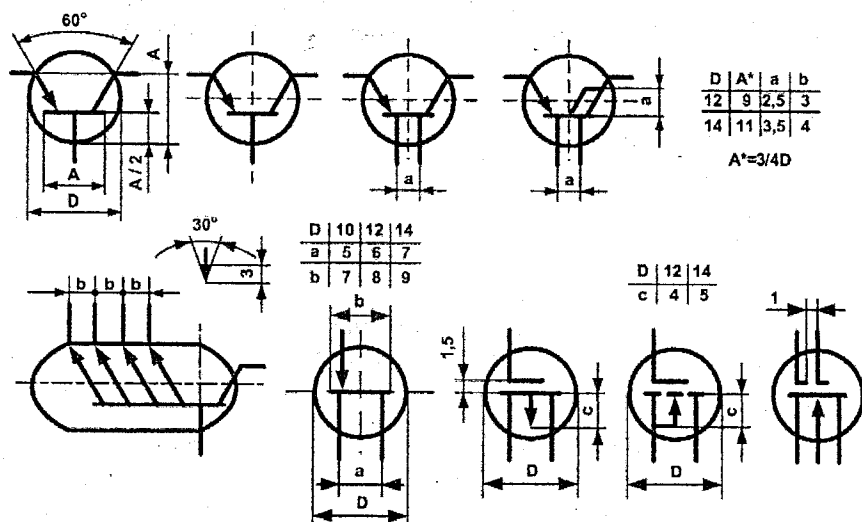


Рисунок 5.57 - Транзистори

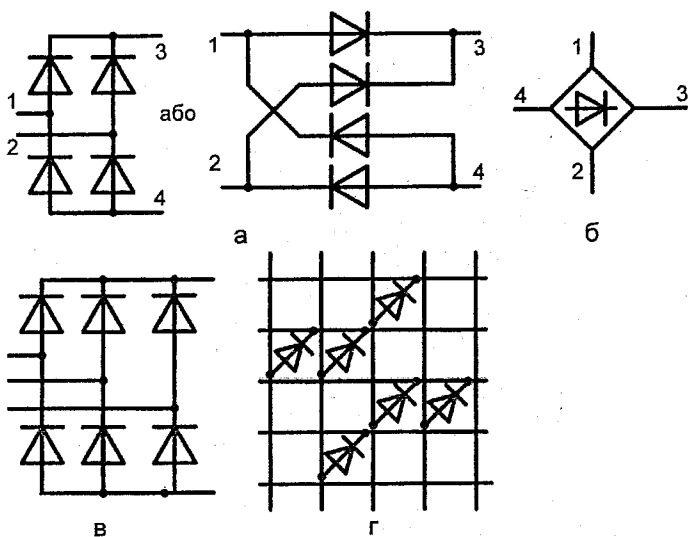


Рисунок 5.58 - Приклади схем на напівпровідникових діодах:
 а - однофазна мостова випрямна схема, розгорнуте зображення; б - спрощене (умовне графічне позначення); в - трифазна мостова випрямна схема;
 г - діодна матриця

До виводів 1 і 2 приєднується джерело напруги змінного струму, до виводів 3 і 4 - споживачі випрямленої напруги. Вивід 3 має позитивну полярність.

Література

1. Электротехнический справочник / Под общей ред. Герасимова В.Г., Грудинского П.Г., Жукова Л.А. и др. – 6-е изд. – Т.3. – М.: Энергоиздат, 1982. – 321 с.
2. Таубес И.Р. Релейная защита мощных турбогенераторов. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 224 с.
3. Вавин В.Н. Релейная защита блоков турбогенератор – трансформатор. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 255 с.
4. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Кузнецов Ф.Д., Белотелов А.К.; Под ред. Алексеева Б.А. - Ч.4: Электроавтоматика. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. - 72 с.
5. Букович Н.В. Протиаварійна режимна автоматика електроенергетичних систем: Навч. посібник. - Львів: Видавництво “Бескід Біт”, 2003. – 224 с.
6. Дмитренко А.М. Учет переходных процессов при выборе параметров времяимпульсных дифференциальных защит трансформаторов (автотрансформаторов) // Электричество, 1995. №1. - С.22-25.
7. Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей.- Л.: Энергоиздат, 1981.- 137 с.
8. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.
9. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ. Схемы. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.
10. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ. Расчеты. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 97с.
11. Гизила Е.П. Расчет устройств автоматики энергосистем.- Киев: Вища школа, 1974. – 344 с.
12. Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей / Сост. Кузнецов Ф.Д., Белотелов А.К.; Под ред. Алексеева Б.А. - Ч.2: Реле дифференциальных, направленных и фильтровых защит. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. - 88 с.
13. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. - М.: Энергия, 1980. - 189 с.
14. Трансформаторы тока / В.В. Афанасьев, Н.М. Адоньев, В.М. Кибель и др. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 176 с.
15. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 348 с.

16. Дмитренко А.М. Рекомендации по применению и выбору уставок функционального блока дифференциальной защиты трансформаторов терминала типа RET 316. - Чебоксары: АBB -Реле, 2002. - 12 с.

17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина Ю.Г. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 326 с.

18. Байтер И.И., Богданова Н.А. Релейная защита и автоматика питающих элементов собственных нужд тепловых электростанций. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 268 с.

19. SPAD 346C. Дифференциальное реле с торможением. Руководство пользователя и техническое описание. - Чебоксары: АBB -Реле, 2002. - 8с.

20. Главадский В.Г. Рекомендации по выбору уставок защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна ALSTOM. - М.: PCB GEE4, 2000. - 119 с.

21. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.

Таблиця А1 - Перелік умовних скорочень

РЗА	- релейний захист та автоматика
ТЕС	- теплова електрична станція
ГЕС	- гідроелектростанція
АЕС	- атомна електростанція
ГАЕС	- гідроакумуляуюча електростанція
ЦЩК	- центральний щит керування
БЩК	- блочний щит керування
ГрЩК	- груповий щит керування
АЩК	- агрегатний щит керування
МЩК	- місцевий щит керування
ГРП	- генераторний розподільний пристрій
ЩК	- щит керування
ЕС	- електрична станція
ЩПС	- щит постійного струму
МРС	- магнітна рушійна сила
ЕРС	- електрична рушійна сила
ПЕ	- перелік елементів
АПВ	- автоматичне повторне увімкнення
АВР	- автоматичне увімкнення резерву
АЧР	- автоматичне частотне розвантаження
РПН	- регулювання під напругою
АЛАХ	- автоматика для ліквідації асинхронного ходу
АППС	- автоматика для попередження порушення стійкості
АОПЧ	- автоматика для обмеження підвищення частоти
АРЗ	- автоматичний регулятор збудження
ПРВВ	- пристрій резервування відмов вимикача
ВГ	- вимикач генераторний
ТН	- трансформатор напруги
ТС	- трансформатор струму
ГОП	- груповий охолоджувальний пристрій
ТВП	- трансформатор власних потреб
УГП	- умовні графічні позначення
ШАОТ	- шафа автоматики оперативного струму
ПП	- позиційне позначення
МСЗ	- максимальний струм захисту
РП	- розподільний пристрій
ЧІС	- чергова інженерна станція
ГЩК	- головний щит керування
АТ	- автотрансформатор

Продовження таблиці А1 - Перелік умовних скорочень

ВРП	- відкритий розподільчий пристрій
ДЦ	- система охолодження типу ДЦ, з примусовим циркулюванням масла через охолоджувальний пристрій, в якому охолодження масла здійснюється за допомогою повітря, яке подається вентиляторами.
ТНГ	- тип шафи
НВЧ	- надвисока частота
ДАК	- дистанційне автоматизоване керування
ТЗЛМ,	- типи вимірювальних трансформаторів струму нульової послі-
ТЗРЛ, ТНП	довності
ВКЗ	- відношення короткого замикання

Навчальне видання

В.М.Кутін, О.Є.Рубаненко, В.М.Лагутін

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено Рубаненком О.Є.

Редактор В.О.Дружиніна
Коректор Ю.І.Франко

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 5.12.2007 р.
Формат 29,7х42 ¼
Друк різнографічний
Тираж 75 прим.
Зам № 2007-174

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк. 6.7

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ