

Лежнюк П. Д.
Зелінський В. Ц.

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК



ВАКУУМНІ ВИМИКАЧІ

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

П. Д. Лежнюк, В. Ц. Зелінський

**ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК.
ВАКУУМНІ ВИМИКАЧІ**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 621.311.18

ББК 31.277.1

Л 40

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 1 липня 2009 р.)

Рецензенти:

В. В. Назаров, доктор технічних наук, професор

Б. С. Рогальський, доктор технічних наук, професор

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

Лежнюк, П. Д.

Л40 Електрообладнання розподільних установок. Вакуумні вимикачі : навчальний посібник П. Д. Лежнюк, В. Ц. Зелінський. - Вінниця : ВНТУ, 2010. - 137 с.

В посібнику розглянуто основні способи гасіння електричної дуги в вакуумі, принципи виконання вакуумних дугогасильних камер, типи конструкцій вакуумних вимикачів розподільних установок напругою 6 - 35 кВ та генераторних вимикачів. Наведено основні технічні параметри та особливості конструкцій вимикачів як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

Посібник розроблений відповідно до плану кафедри і програм дисциплін "Електричні апарати" та "Електрообладнання станцій та підстанцій", призначений для студентів бакалаврського напрямку підготовки за спеціальністю 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» і може бути корисний для студентів інших енергетичних спеціальностей та інженерів-енергетиків.

УДК 621.311.18

ББК 31.277.1

© П. Лежнюк, В. Зелінський, 2010

ЗМІСТ

Зміст	3
Вступ	5
1. Історія розвитку та принципи роботи вакуумних дугогасильних камер.....	7
1.1 Історія розвитку вакуумних комутаційних апаратів.....	7
1.2 Основні переваги та недоліки вакуумних комутаційних апаратів.....	8
1.3 Розвиток вакуумних дугогасильних камер за струмами вимкнення	11
1.4 Електродинамічна та термічна стійкість вакуумної дугогасильної камери	15
1.5 Електрична міцність вакуумної дугогасильної камери.....	18
2. Дугогасильні камери та особливості конструкцій вакуумних вимикачів.....	21
2.1 Конструкції контактних систем вакуумних вимикачів.....	21
2.2 Конструктивні особливості камер вакуумних вимикачів.....	23
2.3 Особливості конструкцій основних типів вакуумних вимикачів.....	24
3. Конструкції основних типів вакуумних вимикачів вітчизняного виробництва	36
3.1 Вакуумні вимикачі серії ВР компанії „Високовольтний союз”.....	36
3.1.1 Особливості конструкцій вакуумних вимикачів серії ВР напругою 6 – 10 кВ	37
3.1.2 Основні характеристики вакуумних вимикачів серії ВРС напругою 6 – 10 кВ	44
3.1.3 Вимикачі зовнішнього встановлення серії ВР-35НС напругою 35 кВ	46
3.1.4 Генераторні вакуумні вимикачі серії ВГГ-10 напругою 10кВ	48
3.2 Вакуумні вимикачі ВВ/TEL Севастопольського заводу „Таврида Електрик”	53
3.2.1 Особливості комутації дуги в камерах ВВ/ TEL.....	54
3.2.2 Особливості конструкції та принцип роботи вакуумних вимикачів ВВ/TEL.....	57
4. Огляд конструкцій вакуумних вимикачів закордонних виробників.....	66
4.1 Триполюсні вакуумні вимикачі ВБУ напругою 10 кВ.....	66
4.2 Однополюсні вакуумні вимикачі напругою 27,5 кВ.....	68

4.3 Триполюсні вимикачі зовнішнього встановлення серії ВБНК напругою 35кВ.....	70
4.4 Триполюсні вимикачі серій ВБЦ та ВБУ напругою 35 кВ.....	72
4.5 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії ЗАН5	74
4.6 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії ВВСТ.....	79
4.7 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії ВБЕК напругою 35 кВ.....	80
Висновок	85
Література	86
Додаток А	87
Додаток Б	93
Додаток В	99
Додаток Г	101
Додаток Д	104
Додаток Е	114
Додаток Ж	119
Додаток И	124
Додаток К	127
Додаток Л	136

Вступ

Теперішній стан електричних мереж та підстанцій в Україні потребує заміни морально та фізично застарілого обладнання. Виконується велика робота з модернізації та заміни комутаційного обладнання розподільних установок і електричних мереж всіх рівнів напруг. Потреба в новому обладнанні практично не обмежена: від електростанцій та теплоелектроцентралей, магістральних електромереж і енергопостачальних компаній до промислових підприємств та організацій. Оскільки Україна це потужний виробник сучасного електротехнічного устаткування, то виконувати замовлення є важко кому. Ця галузь представлена багатьма компаніями. До числа провідних виробників електротехнічного устаткування входять: Запорізький завод високовольтної апаратури, Рівненський завод високовольтної апаратури "РЗВА–Електрик", Запорізький трансформаторний завод, Севастопольський завод "Таврида Електрик", "Укрелектроапарат" (м. Хмельницький), "Ампер" (м. Кременчук) та ряд інших виробників.

Серед закордонних фірм на ринку домінують ABB-Dolmel, Dolmel-Drive і AEG (німецька компанія). ABB є одним з провідних виробників силових і розподільних трансформаторів, високовольтного комутаційного устаткування і статичних конвертерів. На вітчизняному ринку також вже давно працює німецька електротехнічна компанія Siemens, яка одна з перших відкрила своє представництво в Україні. Крім ABB, Siemens і AEG, енергетичне устаткування на ринок постачають Ahlstrom, Westinghouse, GE ("Дженерал Електрик"), Schneider Electric та ряд російських підприємств, найбільшим з яких є "Уралелектротяжмаш". Закордонні компанії постачають енергетичне устаткування безпосередньо, а також через спільні підприємства або представництва. Загалом на частку інофірм припадає близько 30% ринку. Вітчизняним і російським підприємствам належить 70%. При цьому, аналітики впевнені, що вітчизняний ринок має високий потенціал зростання [1].

Сьогодні не можна сказати, що в конструктивному відношенні комутаційні апарати досягли своєї остаточної межі, існує широкий простір як для створення нових комутувальних систем, так і для удосконалення існуючих. Зусилля розробників спрямовані на скорочення повного часу вимкнення вимикача і обмеження комутаційних перенапруг, на вдосконалення параметрів апаратів за напругою, за номінальним струмом і за їх комутаційною здатністю, на підвищення надійності і поліпшення техніко-економічних показників. Кількість конструктивних рішень при побудові різних типів вимикачів високої напруги надзвичайно велика.

Частка електроустаткування, яка найбільше потребує ремонту і заміни в мережах напругою 6-10 кВ, досягає 60-70 відсотків. Світова тенденція розвитку електротехнічного устаткування така, що раніше

поширені оливні і малооливні вимикачі на напругу 6-10 кВ повсюдно замінюються на вакуумні вимикачі. Співвідношення між різними типами вимикачів на середню напругу, що продаються в світі, складає у відсотках: малооливні - 6-10, елегазові - 20-25, вакуумні - 65-70. В Україні на даний час прослідковується аналогічна тенденція. Кількість вакуумних вимикачів в розподільних установках складає близько 40% від решти типів. Вакуумні вимикачі мають найбільшу динаміку розвитку і є найбільш перспективними в розподільних установках середньої номінальної напруги.

Вакуумні дугогасильні пристрої мають виключно високу надійність і зносостійкість. Потужні вакуумні вимикачі мають електричну зносостійкість 10^6 комутацій при номінальному струмі 400 А. Вимикач може вимикати номінальний струм вимкнення в циклі увімкнення-вимкнення (УВ) до 50 разів. Мала маса рухомого контакту, малий хід контактів і невелика швидкість вимкнення значно знижують вимоги до механізму привода вимикача. Тим часом відмови в роботі вакуумних вимикачів найчастіше виникають через несправність механізму привода і інші другорядні причини. Тому при конструюванні вимикача значна увага приділяється питанням надійності механізму привода.

Слід зазначити, що вакуумні дугогасильні камери можуть використовуватися не тільки як комутувальні пристрої. Вони можуть застосовуватися як струмообмежувальні вимикачі, що вимикають аварійний струм при його наростанні, не чекаючи природного нуля струму. Вакуумні дугогасильні камери можуть застосовуватися як керовані розрядники для швидкого увімкнення різних пристроїв і обмеження перенапруг. Керуюча напруга такого розрядника складає 1% від напруги на контактах, а струм (current) вимкнення досягає десятків кілоампер.

Достатньо широке застосування в розподільних установках отримали вакуумні вимикачі навантаження ВНВ, розраховані на вимкнення номінальних струмів. У світовій практиці вакуумні вимикачі застосовуються в електроустановках напругою до 500 кВ включно.

Вакуумні вимикачі мають великі перспективи при модернізації комплектних розподільних установок (КРУ) напругою 6-10 кВ [6,9]. Розподільні пристрої середньої напруги створювались з використанням шаф КСО, КРУ-10, К-III тощо, а також КРУН різноманітних виконань. Оптимальними, для того часу, вважались малооливні вимикачі ВМП, ВМПП, ВМПЕ, ВКЕ тощо з найрізноманітнішими приводами та схемами релейного захисту і автоматики. За 30-50 років експлуатації ці електроустановки, поза сумнівом, досягли граничного зношення. Тому зростає аварійність з перериванням електропостачання споживачів. Аналіз стану шаф КРУ свідчить, що у більшості випадків немає потреби замінювати шафи, оскільки за цим повинна відбуватись реконструкція будівельної частини. У таких випадках здійснюють заміну малооливних вимикачів застарілих типів на сучасні вакуумні.

1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ВАКУУМНИХ АПАРАТІВ ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ГАСІННЯ ДУГИ В ВАКУУМІ

Останнім часом відбуваються дискусії про переваги застосування вакуумної або елегазової комутаційної техніки в мережах з середньою напругою в східноєвропейських країнах. Особливо це питання хвилює фахівців країн СНД. Більше того, у цей час в окремих країнах СНД існують заборони на застосування вакуумної комутаційної техніки для певних комутаційних операцій, які обумовлені поганим досвідом експлуатації перших вакуумних вимикачів. Застосування того або іншого виду комутаційного обладнання в Західній Європі, на відміну від Східної, вже давно має свої напрямки розвитку для мереж середнього класу напруги [9,17]. За параметрами високої надійності, екологічності, простоти обслуговування і експлуатації, діапазонами номінальних параметрів і економічністю для всіх комутаційних операцій найбільш доцільними є застосування:

- у мережах середньої напруги – вакуумних вимикачів,
- у мережах високої напруги - елегазових вимикачів.

Як показує аналіз ринку електротехнічного обладнання, попит на вакуумні вимикачі на світовому ринку досягає 64-65%. Очікуваний попит ринку на вакуумну комутаційну техніку до 2020 року складе 85% від усього ринку комутаційної техніки середньої напруги.

1.1 Історія розвитку вакуумних комутаційних апаратів

На противагу тенденції розвитку високовольтних апаратів щодо створення все складніших удосконалених дугогасильних пристроїв, вакуум, як дугогасильне середовище, дозволяє розробити такі пристрої в найпростішому з конструктивної точки зору вигляді. Справді, комутувальна система у вакуумі складається лише з двох контактів - нерухомого і рухомого, розміщених у замкненій посудині, з якої відкачано повітря. При розходженні контактів вимикача в процесі його вимикання (contact breaking), горіння дуги, що виникає, підтримується не за рахунок іонізованих газів, як у всіх інших типах дугогасильних пристроїв, а тільки за рахунок іонізованої пари металу, що випаровується з поверхонь обпалених дугою контактів. У момент переходу струму через нуль припинення іонізації і конденсації металевої пари у вакуумній камері відбувається дуже швидко, практично забезпечуючи цим надійне вимкнення кола вимикачем, незалежно від швидкості наростання відновлювальної напруги.

Але, незважаючи на удавану простоту будови вакуумних комутаційних апаратів, сама історія їхнього розвитку з моменту зародження і по теперішній час переконливо свідчить про виняткову складність виникаючих тут проблем. Уперше комутація струму у вакуумі

була запропонована ще в XIX столітті, але перші серйозні дослідження в цьому напрямку були започатковані лише в тридцятих роках минулого століття [8,19]. Подальшого розвитку вакуумні вимикачі в той час не одержали через технічні труднощі підтримки високого вакууму в герметизованій дугогасильній камері. Схему найпростішого вакуумного вимикача наведено на рис. 1.1.

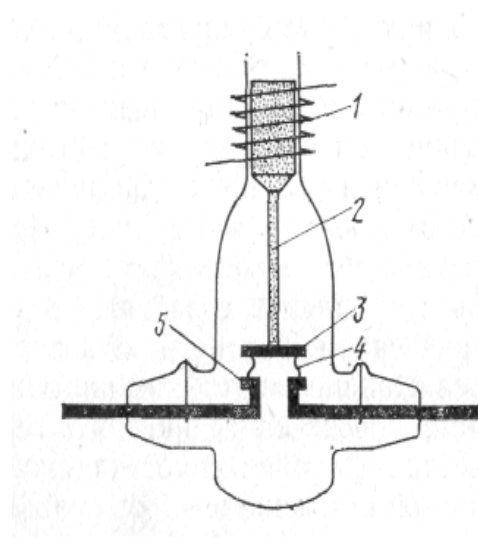


Рисунок 1.1 - Схема вакуумного вимикача:

1 - привод; 2- ізоляційна тяга; 3 - рухомий контакт; 4 - дуга; 5 - нерухомий контакт

Довгий час створювались невеликі вакуумні апарати, але і вони могли комутувати лише невеликі струми порядку одиниць ампер при напрузі близько 1 кВ. Згодом розміри і відповідно параметри подібних апаратів поступово зростали, поки, нарешті, у 50-х роках не були створені вакуумні дугогасильні камери здатні вимкати струм до 4 кА при напрузі до 20 кВ. Такі дугогасильні камери могли комутувати тільки струми навантажень і тому питання про створення промислового зразка вакуумного вимикача в той час ще не стояло [2].

В середині дев'ятнадцятого століття були виявлені і пояснені основні фізичні процеси, що відбуваються при горінні дуги у вакуумі, причому проведені дослідження цілком підтвердили висунуту раніше гіпотезу про принципову можливість створення силового вакуумного вимикача. Одночасно було вивчено і вплив теплофізичних властивостей матеріалу контактів на стабільність горіння дуги у вакуумі, завдяки чому з'явилася можливість штучними засобами впливати на зріз струму вимкнення, що спостерігався раніше його природного переходу через нуль. Це явище стало в пору становлення вакуумної комутаційної апаратури однією з головних проблем, що заважала її прогресу.

1.2 Основні переваги та недоліки вакуумних дугогасильних камер

Вакуумні комутаційні апарати - передова технологія в електроапаратобудуванні. В мережах середньої напруги в наш час в вимикачах для охолодження і деіонізації дуги, що утворюється після розмикання контактів, як дугогасильне середовище застосовують оливу,

повітря або елегаз (SF_6). Вакуумні вимикачі вигідно відрізняються від цих вимикачів тим, що таким середовищем є вакуум (vacuum). Характерною особливістю вакуумних дугогасильних камер є те, що вони мають прості торцеві контакти. Вимикачі з іншими способами дугогасіння потребують застосування складніших ковзних і інших контактів з використанням контактних пружин, які не надійні і піддаються небажаному високотемпературному впливу при комутаціях. Крім того, у вакуумі виключена можливість окислення і забруднення контактів, а мінімальне їх вигорання гарантує довговічність використання і високу комутаційну зносостійкість. Ці умови є гарантією довготривалої експлуатації комутаційних апаратів без огляду та ревізії вакуумної камери. Якість і надійність вакуумних камер, що застосовуються в конструкціях вимикачів, підкріплені багаторічним досвідом їх виробництва і експлуатації.

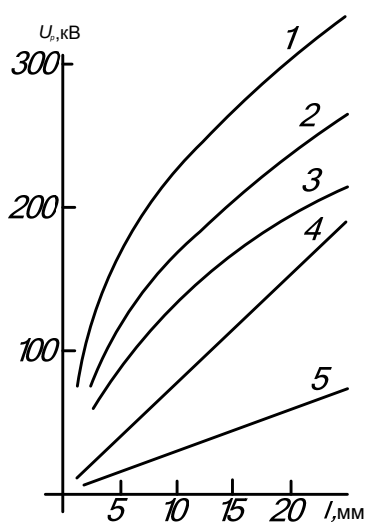


Рисунок 1.2 - Залежність розрядної напруги U_p від відстані між контактами для різних середовищ:

1 — повітря; 2 — олива; 3 — фарфор;
4 — елегаз; 5 - повітря

Гасіння дуги відбувається в глибокому вакуумі. Дугогасильні властивості цього середовища дозволили створити вимикачі на напругу 6 – 35 кВ, які завдяки своїм перевагам витісняють оливні та електромагнітні вимикачі в розподільних установках середньої напруги.

На рис. 1.2 показана залежність розрядної напруги від відстані (distance) між контактами для різних дугогасильних середовищ. Завдяки високій швидкості відновлення електричної міцності проміжку вакуумна дугогасильна камера нечутлива до високої швидкості відновлення напруги мережі і може

працювати в найважчих умовах відновлення напруги.

Вакуумні вимикачі розподільних установок середнього класу напруги мають перед іншими типами вимикачів (оливними, електромагнітними, повітряними) такі основні переваги.

Висока надійність. До показників надійності елементів схем електричних з'єднань відносять частоту відмов, час відновлення, частоту і тривалість капітального і поточного ремонтів. За інших рівних умов, тобто, якщо навіть врахувати, що частота відмов і час відновлення після

аварії рівні для вакуумних і традиційних вимикачів, то частота і тривалість ремонту останніх поза сумнівом вищі.

Наприклад, для малооливого вимикача ВК-10, оливу необхідно замінити після 10 операцій вимкнення струму 20 кА. Після здійснення вимикачем 2000 циклів операцій увімкнення-вимкнення (УВ), необхідно проводити технічне обслуговування приводу. Після здійснення вимикачем 3000 циклів операцій УВ необхідно проводити капітальний ремонт, а середній ремонт вимикача повинен проводитися не рідше як один раз в 4 роки [5].

Вакуумні вимикачі є такими, що практично не потребують обслуговування. Огляд і періодичні перевірки рекомендується проводити один раз в 3-5 років. Під час цих перевірок необхідно провести високовольтні випробування вакуумної дугогасильної камери і ізоляції вимикача, а також перевірити перехідний опір контактів.

Низькі експлуатаційні витрати. Цей пункт безпосередньо витікає з попереднього. Низькі експлуатаційні витрати визначаються відсутністю оливого (для оливних вимикачів) та компресорного (для повітряних вимикачів) господарств. Крім того вакуумна дугогасильна камера (ВДК) не потребує поповнення дугогасильного середовища (surroundings). Висока комутаційна зносостійкість дозволяє значно скоротити витрати з обслуговування, а також перерви в електропостачанні, пов'язані з виконанням регламентних робіт.

Високий комутаційний і механічний ресурс. Кількість вимикань номінальних струмів, що допускається без ревізій і ремонту ВДК, досягає 50 тисяч, а номінальних струмів вимкнення (струмів короткого замикання) - від 20 до 200 залежно від типу ВДК і значення струму. При експлуатації малооливних вимикачів необхідно проводити ревізію після 1000-2000 вимкнень номінального струму або 3-12 вимкнень номінального струму вимкнення. Високий механічний ресурс вакуумних вимикачів обумовлений в першу чергу тим, що хід контактів ВДК складає від 6 до 12 мм на напругу 6-10 кВ. Для оливних і електромагнітних вимикачів на цю ж напругу хід контактів досягає 100-200 мм, а, отже, застосовується складніша конструкція приводу, що потребує великих витрат енергії на увімкнення та вимкнення вимикача, що призводить до необхідності постійного контролю і перевірок стану деталей приводу. Це також підвищує експлуатаційні (exploitation) витрати на утримання вимикача.

Високий комутаційний і механічний ресурс дозволяють застосовувати вакуумні вимикачі в схемах з частими комутаціями - для трансформаторів сталеплавильних печей, комутацій насосів, компресорів тощо.

Безпека експлуатації і екологічність. Для вакуумних вимикачів характерні мала енергія приводу, малі динамічні навантаження і відсутність викиду газів, оливи. Їх маса і габарити значно нижчі за масу і габарити традиційних вимикачів при однакових номінальних параметрах

струму і напруги. Все це забезпечує безшумність роботи і запобігає забрудненню довкілля.

Герметичність виконання ВДК і відсутність середовища, що підтримує горіння, забезпечує високу пожежо- і вибухобезпечність і можливість роботи в агресивних середовищах.

До переваг також можна віднести:

- широкий діапазон температур навколишнього середовища в якому можлива робота (від -70 до $+200^{\circ}\text{C}$);
- підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень;
- довільне робоче положення вакуумної дугогасильної камери в просторі;
- можливість організації високоавтоматизованого виробництва;
- термін служби до 25 років.

Недоліками вакуумних вимикачів є:

- труднощі розробки і виготовлення, пов'язані із створенням спеціальних контактних матеріалів, складністю вакуумного виробництва, схильністю матеріалів контактів до зварювання в умовах вакууму;
- великі капітальні вкладення, необхідні для налагодження масового виробництва дугогасильних камер.

При масовому виробництві вартість вакуумних вимикачів всього на 5-15 % більша вартості малооливних і менша вартості електромагнітних вимикачів однакової номінальної напруги. Велика економія при експлуатації робить ці вимикачі високоефективними, що обумовлює їх все більш широке розповсюдження в розподільних мережах 6 – 10 кВ та 35 кВ.

Завдяки своїм перевагам вакуумні вимикачі все ширше застосовуються як при будівництві нових комплектних розподільних установок, так і для заміни морально і фізично застарілих традиційних вимикачів при реконструкції розподільних установок.

1.3 Розвиток вакуумних дугогасильних камер за струмами вимкнення

При номінальних струмах комутації для отримання швидкодії у вакуумних дугогасильних камерах знайшла широке застосування торцева контактна система. Вона дає можливість мати малий хід контактів (10 – 20 мм) і невеликий власний час вимкнення. Проста конструкція контакту дозволяє створити технологію, при якій добре дегазуються струмоведучі елементи вимикача, що дуже важливо для забезпечення високого вакууму великої стабільності.

Як відомо торцевий контакт має високий перехідний опір і, отже, великі теплові втрати при номінальному струмі 2000 – 4000 А. Через те, що контактні стержні розташовуються у вакуумі, віддача теплоти відбувається в основному за рахунок теплопровідності уздовж тіла контакту і передачі теплоти в навколишнє середовище через зовнішні

контакти вимикача і приєднані до них шини. Частина теплоти, що виділяється в перехідному контакті і тілі контактів, віддається випромінюванням.

Велика потужність, що виділяється в торцевому контакті, також пов'язана з тим, що для забезпечення високої динамічної стійкості контактної системи і великого номінального струму вимкнення як контактний матеріал застосовується вольфрам або металокераміка на його основі. Ці матеріали завдяки своїм фізичним властивостям дають високий перехідний контактний опір. Зовнішній з'єднувальний контакт виконується із срібленої міді, яка має граничну допустиму температуру 105°C. Якщо температура навколишнього середовища дорівнює +40°C, то потужність, що підводиться до зовнішнього контакту, повинна бути розсіяна при перепаді температури +65°C.

При торцевому контакті вдається утримати температуру у вказаних межах при струмі $I_{\text{ном}} = 600 \div 700$ А. При збільшенні номінального струму втрати різко зростають, що приводить до необхідності застосування контактного стержня більшого перерізу. Для зменшення температури зовнішнього контакту вимикача він приєднується до кола декількома мідними шинами з розвиненою поверхнею. При мідних шинах 8×100 мм² вдається збільшити номінальний струм дугогасильної камери до 2000 А.

В наш час робоча напруга дугогасильної камери доведена до 84 кВ. Для вимикачів напругою 110 – 220 кВ необхідно з'єднувати послідовно декілька камер, наприклад, для вимикача напругою 220 кВ потрібно чотири дугогасильних камери. При цьому перемички між сусідніми камерами повинні розсіювати теплоту, що надходить від контактних стержнів обох камер. Тобто, при температурі контакту 105°C необхідно віддати в навколишній простір подвоєну кількість теплоти. Це є однією з основних проблем багаторозривного вакуумного вимикача. З метою зниження перехідного опору торцевого контакту застосовується багатоточковий торцевий контакт.

При комутаціях номінальних струмів вимкнення після розмикання контактів дуга горить в атмосфері парів металу контактів. Припускають, що відмова в гасінні настає в результаті нагрівання електродів до певної критичної температури $T_{\text{кр}}$, при якій тиск парів металу в дуговому проміжку великий і досягає приблизно 1 Па (10^{-2} мм рт. ст.). При такому тиску відновлювана міцність проміжку низька та відбувається його пробій відновлювальною напругою. Температура нагрівання контактів дугою може бути описана рівнянням [4]:

$$T = \frac{k_1 k_2}{\sqrt{\pi c \lambda \gamma}} \int_0^t \frac{u_d i_d d\tau}{S \sqrt{t - \tau}} + T_0, \quad (1.1)$$

де k_1 – частка теплової потужності, що розсіюється на одному з електродів;

k_2 – коефіцієнт концентрації дуги – відношення максимальної густини теплового потоку до середньої на площі, зайнятої дугою;

S – площа електрода, зайнята дугою;

t – час від моменту виникнення дуги до моменту визначення температури;

τ – поточний час з моменту виникнення дуги, с;

γ – теплоємність і густина матеріалу електрода;

λ – теплопровідність.

Рівняння (1.1) дозволяє зробити висновок, що необхідно вибирати матеріали електродів з високим значенням критерію $T_{кр} \sqrt{\lambda c \gamma}$. Цей критерій для деяких матеріалів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.3 - Теплофізичні характеристики матеріалів електродів вакуумної дугогасильної камери

Матеріал	$T_{кр}, ^\circ C$	$T_{кр} \sqrt{\lambda c \gamma}$	$q_{10}, Bt/cm^2$	$q_1, Bt/cm^2$
Мідь	1280	4600	$41 \cdot 10^3$	$130 \cdot 10^3$
Залізо	1470	2360	$21 \cdot 10^3$	$66 \cdot 10^3$
Вольфрам	3300	6450	$57 \cdot 10^3$	$180 \cdot 10^3$

У цій таблиці наведена також густина теплових потоків q_{10} і q_1 , які нагрівають найбільш навантажений електрод – анод, до температури $T_{кр}$ за час 10мс і 1мс. Як видно з табл. 1.3, допустиме теплове навантаження при часі дуги 1 мс (q_1) значно більше, ніж при часі 10 мс (q_{10}). Якщо застосувати синхронізоване вимикання, то можна значно підняти номінальний струм вимкнення.

За відомим граничним тепловим потоком q_{10} і спадом напруги на дузі U_d можна знайти допустиму густину струму. Для міді в області струмів 1 – 10 кА спад напруги на дузі дорівнює 20 – 40 В. При $I = 1$ кА потужність дуги $P_d = 20 \cdot 10^3$ Вт, $q_{10} = 41 \cdot 10^3$ Вт/см², перетин дуги $S_d = P_d / q_{10} \approx 0,5$ см², допустима густина струму $I_{ном} / S_d = 2$ кА/см².

При великих струмах (10 – 100 кА) спад напруги на дузі зростає до 50 – 100 В. Допустима густина струму складає $(0,5 \div 2) \cdot 10^3$ кА/см². Це вказує на те, що для успішної комутації струму вимкнення 100 кА достатньо мати площу контакту 100 см².

Згідно з даними таблиці 1.3 найбільш відповідним матеріалом контактів є вольфрам. Він має найбільше значення $T_{кр} \sqrt{\lambda c \gamma}$. Крім того, вольфрамові контакти стійкі проти зварювання. Цим можна пояснити ту обставину, що в перших вимикачах для виготовлення контактів використовувався вольфрам, який забезпечував максимальний струм вимкнення. Проте із розвитком вакуумних дугогасильних камер вольфрамові контакти мали і ряд недоліків. При вимкненні навантаження

з великим хвильовим опором $\sqrt{L/C}$ виникали значні перенапруги, які часто призводили до пробою ізоляції устаткування, що вимикається. Річ у тому, що завдяки фізичним властивостям вольфраму при малих струмах різко падає густина його парів у вакуумній дузі. Через це дуга горить нестабільно. Дуга обривається раніше ніж струм підійде до нульового значення. На навантаженні виникає напруга

$$u = i_{зр} \sqrt{L/C}, \quad (1.2)$$

де $i_{зр}$ – струм зрізу.

У мідних контактах також спостерігаються зрізи струму, але струм у багато разів менший, ніж у вольфрамових. Для зменшення струму зрізу у вольфрамових контактах в матеріал контактів додається 4 - 5% сурми. При цьому струм зрізу зменшується до 4 А. Але такий спосіб обмеження перенапруг застосовується тільки у вакуумних контакторах, оскільки у вимикачах на великі струми в процесі вимикання сурма, з'єднуючись з міддю контактів, збільшує перехідний опір (resistance) і нагрів контактів номінальним струмом.

У потужних вакуумних вимикачах застосовуються мідні контакти. Для обмеження перенапруг при вимкненні навантаження з великим відношенням $\sqrt{L/C}$ застосовуються шунтувальні кола або нелінійні обмежувальні опори – варистори. Струм $i_{зр}$ повинен бути менший 4 – 5 А. Опори вмикаються між проводом фази і землею. Ефективність роботи нелінійного резистора типу варистора подана на рис. 1.3.

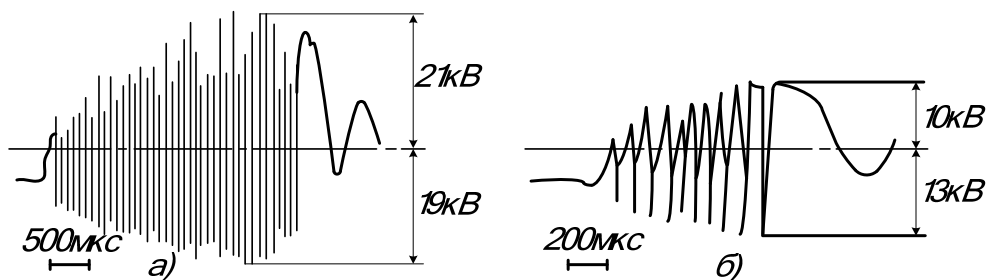


Рисунок 1.3 - Обмеження перенапруг за допомогою варистора:

a – варистор відсутній; *б* – з шунтувальним варистором

Для отримання високого значення струму вимкнення необхідно добитися рівномірного розподілу теплового потоку дуги по площі контакту. Для цього на дугу впливають магнітним полем. Якщо такі заходи не вживати, то дуга концентрується на невеликій плямі діаметром 1 – 3 см

і струм вимкнення зменшується до 5 – 10 кА навіть при великому діаметрі контакту.

Для збільшення струму вимкнення можна з'єднувати декілька камер паралельно. Зростаюча із струмом вольт–амперна характеристика дуги дозволяє розподілити струм між паралельно працюючими камерами з нерівномірністю не більш 10% (при трьох паралельних камерах). За даними японської фірми «Тошиба» при діаметрі контакту 200 мм струм вимкнення доведено до 120 – 60 кА при напрузі 10 – 30 кВ. [2,5]. При діаметрі контактів 140 мм струм вимкнення досягає 70 кА при напрузі 10 – 45 кВ і 25 – 35 кА при напрузі 50 – 70 кВ. Таким чином, номінальний струм вимкнення вакуумних дугогасильних камер може бути доведено до дуже високих значень.

Вакуумні дугогасильні камери можуть успішно вимикати також і постійний струм. При струмі 1000 А і напрузі 10 кВ вимикання відбувається шляхом розходження контактів у вакуумі. При великих значеннях струму постійний струм за допомогою конденсатора перетворюється на змінний і дугогасильна камера вимикає його при першому проходженні через нульове значення. При двох послідовно з'єднаних дугогасильних камерах вимикався струм 5 кА при напрузі 60 кВ. Допоміжний конденсатор мав ємність 3 мкФ [3].

1.4 Електродинамічна та термічна стійкість вакуумної дугогасильної камери

Відомо, що торцеві контакти (contact) мають недостатню динамічну стійкість. Стосовно вакуумних вимикачів це питання було додатково вивчене [7-8]. При великих струмах вимкнення виникають дві причини збільшення сили "відкидання" (самовільного розмикання) контактів. По-перше, це сили, що викликані звуженням ліній струму в контактах, і, по-друге, сили, що виникають в результаті вибуху контактної містки.

При протіканні великого струму контактний місток нагрівається до високої температури і переходить в пароподібний стан. Ця пара створює тиск, який "відкидає" контакти. Динамічна сила, що "відкидає" контакти за рахунок вибуху містки, пропорційна струму I в першому степені. На рухомий контакт діє сумарна сила, обумовлена вказаними вище двома ефектами.

Для вольфрамових контактів торцевого типу мінімальний струм "відкидання" I і сила натискання P пов'язані рівнянням (1.3), яке одержано експериментальним шляхом [2]:

$$P = 0,95I^2. \quad (1.3)$$

Сила P складається з сили, що створюється атмосферним тиском на сильфон, і сили, що створюються додатковою контактною пружиною (при

великих струмах). З формули 1.3 виходить, що при струмі вимкнення 40 кА мінімальна сила натиснення повинна бути рівною 1520 Н. Це досить велике значення. Привод вимикача повинен розвивати цю силу при вимиканні.

Для того, щоб одержати необхідну електродинамічну стійкість контактів запропоновано велику кількість конструктивних рішень. Основна ідея зводиться до того, що створюється багатоточковий контакт. Струм, що проходить через одну контактну точку, різко зменшується і необхідна сила контактного натиснення також падає. Застосування десяти контактних точок зменшує силу натиснення в одній точці майже в 100 разів. Загальна сила натиснення зменшується в 10 разів. Це так звана «хризантемна» контактна система (рис.1.4).

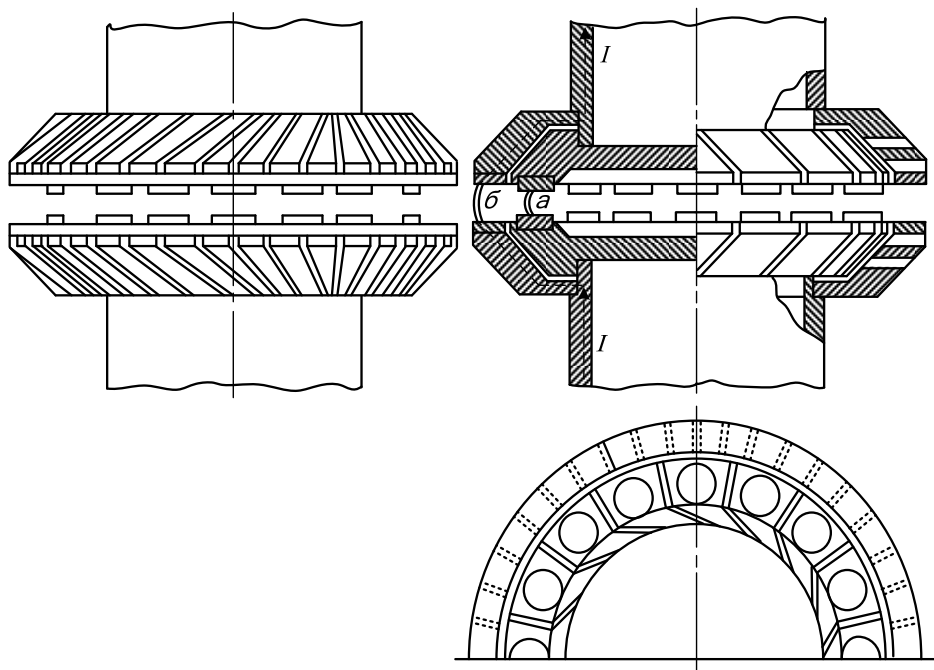


Рисунок 1.4 - Багатоточковий торцевий контакт вакуумної дугогасильної камери

По суті це багатоточкова торцева розетка. Вона має велику кількість торцевих контактів. У замкненому стані струм проходить як по контактах *a*, так і по контактах *б* (рис.1.4). При вимкненні спочатку розмикаються контакти *б*, а потім контакти *a*. Струмopовідні елементи контакту утворюють контур, який створює магнітне поле, направлене по дотичному колу. Це поле викликає радіальну електромагнітну силу, що переміщує дугу з контакту *a* на контакт *б*. Швидке переміщення дуги знижує температуру контактів і тим самим сприяє збільшенню струму вимкнення, зменшує зношування контактів. Для одиничного торцевого контакту зношування контактів за 10^4 комутацій струму I (в кА) виражається емпіричною формулою

$$\Delta l = 0,9 I^{2,3}. \quad (1.4)$$

Ресурс вимикача за зносом контактів можна знайти за допомогою рівняння

$$N = 1,1 \cdot 10^4 \Delta l_{\text{доп}} I^{-2,3}, \quad (1.5)$$

де $\Delta l_{\text{доп}}$ - допустимий знос контактів, мм.

Широке застосування одержала контактна система, показана на рис. 1.5. В увімкненому положенні дотик відбувається по шести виступах торцевої розетки. Діаметр цих виступів більший діаметра струмопідвідних стержнів. При розмиканні контактів на дугу, що виникає, діє магнітне поле, створюване П-подібним контуром. Радіальна сила переміщає дугу по спіралі. Швидке переміщення дуги по поверхні контакту забезпечує його рівномірну ерозію. Така контактна система забезпечує вимкнення струму близько 25 кА. Багатоточкова торцева розетка, показана на рис. 1.5, має номінальний струм 1250 А і номінальний струм вимкнення 10 кА.

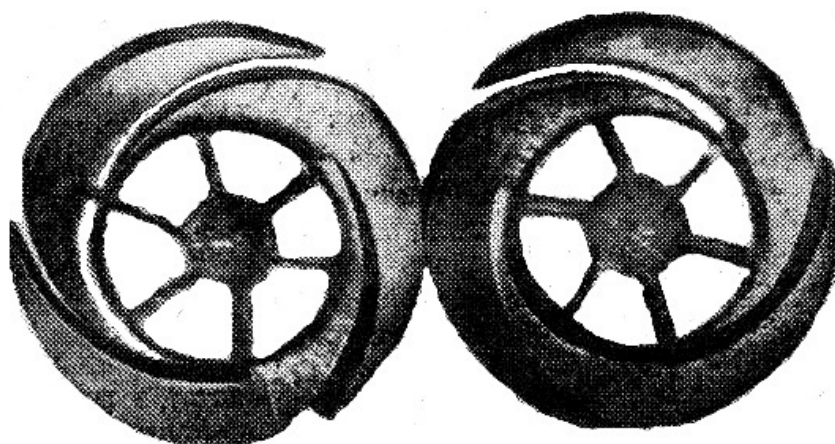


Рисунок 1.5 - Контактна система дугогасильної камери після випробувань

Вимикальна здатність вимикача залежить від швидкості переміщення дуги по електродах, а остання значною мірою визначається магнітним полем, що впливає на електричну дугу. Для дослідження магнітного поля використовуються макети, де дуга замінюється перемичкою круглого перерізу. По макету пропускається змінний струм. Індукція вимірюється за допомогою датчика у вигляді котушки, ЕРС якої пропорційна індукції в точці, де вона розташована. Було встановлено, що при дії на вакуумну дугу магнітним полем зменшується розмір оплавлених ділянок на контактах, знижується швидкість їх руйнування, зменшується час горіння дуги і збільшується номінальний струм вимкнення [5].

Дослідження, проведені в Японії, показали, що у вимикачах на великі струми вимкнення (100 кА і вище) вирішальну роль відіграє створення магнітного поля паралельного дузі. Це поле впливає на електрони дуги, вони закручуються магнітним полем і створюється так звана дифузійна форма дуги, при якій катодні плями рівномірно розташовуються по контактній поверхні. Безліч дуг горить паралельно одна одній. У такій дузі різко обмежується напруга на дузі (до 20 В) навіть при струмах 100 – 200 кА. Це дає можливість створити вимикачі на дуже великі струми вимкнення (більше 200 кА), оскільки напруга на дузі від струму не залежить і енергія, що виділяється дугою, не досягає великих значень. При цьому можливим є збільшення ресурсу вимикача. Вакуумний вимикач допускає 20000 циклів увімкнення – вимкнення при номінальному струмі, а повітряний без заміни контактів – лише до 500 циклів.

1.5 Електрична міцність вакуумної дугогасильної камери

У перших зразках вакуумних дугогасильних камер усередині камери знаходилися тільки контакти. Пари металу електродів, що випаровувалися при вимкненні, осідали на внутрішній поверхні ізоляційного корпусу дугогасильної камери. Відбувалося перекриття ізоляції апарата. У зв'язку з цим в камері було введено металеві екрани. Екрани надійно захищали корпус від парів металу, але розподіл напруги усередині камери був недостатньо рівномірним і були випадки пробоїв усередині дугогасильної камери після того, як процес дугогасіння вже закінчувався [6,4]. Було проведено дослідження і розроблено екрани, що дозволяють вирівняти напруженість електричного поля в дугогасильній камері. Електрична міцність міжконтактами дугогасильного проміжку із зростанням відстані збільшується.

Підвищення електричної міцності дугогасильних камер досягається в першу чергу не за рахунок збільшення відстані (distance) між електродами, а за рахунок вирівнювання електричного поля. Це дозволило підняти номінальну напругу дугогасильних камер до 35 кВ. На рис. 1.6, а показана дугогасильна камера з трьома екранами, один з яких ізольований, два інших з'єднані з контактами. Для розрахунку розподілу напруги між екранами складається схема заміщення (рис. 1.6, б). Застосування екранів дозволяє скоротити осьову довжину дугогасильної камери і одержати електричну міцність, що відповідає вимогам стандартів.

Розроблені дослідні зразки дугогасильних камер з номінальною напругою до 50 кВ [4].

Оскільки вакуумні дугогасильні камери мають високу електричну міцність, вони застосовуються при вимиканні ємнісних навантажень і ненавантажених ліній. Проте при вимиканні малих струмів можуть з'явитися повторні пробої. Причиною цих пробоїв є утворення мікроскопічних вістер на поверхні контактів в місці їх холодного

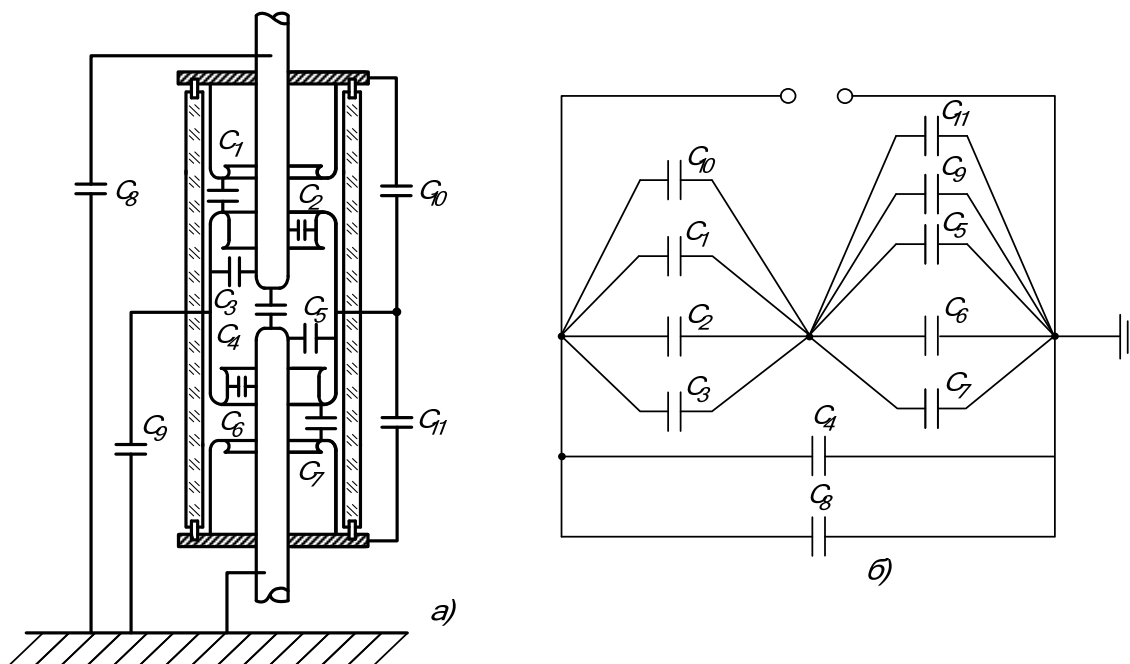


Рисунок 1.6 – Дугогасильна камера з трьома екранами:
а – розподілення ємностей всередині камери; б – схема заміщення

зварювання один з одним. Річ у тому, що при ударі контактів завдяки високій чистоті контактних поверхонь і наявності великої сили контактного натиснення спостерігається холодне зварювання поверхонь. При вимиканні у дугогасильній камері місце зварювання руйнується і там утворюються гострі мікровиступи, які створюють високу напруженість електричного поля, і виникає пробій. При вимкненні великих струмів ці вістря оплавляються і електрична міцність різко зростає. Усунення повторних пробіїв при вимкненні ненавантажених ліній є складною проблемою, але її рішення досягається шляхом застосування матеріалу, що не створює мікрівістрів при вимкненні малих струмів.

У вимикачах з номінальною напругою 110 кВ і вище застосовуються декілька дугогасильних камер, увімкнених послідовно. Для рівномірного розподілу напруги між дугогасильними камерами необхідно встановлювати ємнісні дільники. Зважаючи на високий вакуум розліт плазми дуги відбувається дуже швидко (менше 10^{-5} с) і залишкові струми значно менші 1А при вимиканні струму 10 кА. Власна ємність дугогасильних камер напругою 50 кВ приблизно дорівнює 20 – 40 пФ. Як показали розрахунки, ємність дільника, що шунтує дугогасильну камеру, не перевищує 200 пкФ. При цьому забезпечується необхідна рівномірність розподілу напруги як в статичному режимі, так і в момент відновлення напруги при вимкненні струму короткого замикання. При розробці такого вимикача на напругу 110 кВ, номінальний струм 1600 А і струм вимкнення

20 кА передбачається використання чотирьох дугогасильних камер. Така кількість дугогасильних камер вибирається з умови вимкнення ненавантажених ліній. У всіх інших режимах роботи є значний запас електричної міцності. Габаритні розміри такого вимикача виходять приблизно такі ж як елегазового вимикача. Застосування великої кількості надійно працюючих дугогасильних камер значно підвищує загальну надійність вимикача в цілому.

За даними фірми «Дженерал Електрик» проектується вимикач напругою 242 кВ з п'ятьма дугогасильними камерами на полюс і струмом вимкнення до 40 кА. Компонування вимикача таке ж як у бакових елегазових вимикачів. У Японії побудовано і введено в експлуатацію вакуумний вимикач на напругу 160 кВ, струм вимкнення 40 кА, що має всього два розриви на полюс. Роботи та дослідження із вдосконалення методів гасіння дуги у вакуумній камері та конструкції дугогасильних камер інтенсивно продовжуються і в Україні, в першу чергу на Рівненському заводі високовольтної апаратури "РЗВА–Електрик" та Севастопольському заводі "Таврида Електрик" [10 - 11, 15 - 17].

2 ДУГОГАСИЛЬНІ КАМЕРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ВАКУУМНИХ ВИМИКАЧІВ

2.1 Конструкції контактних систем вакуумних вимикачів

Основою конструкції та основним найбільш відповідальним елементом вакуумного вимикача є вакуумна дугогасильна (extinguishing) камера. Камери мають певні конструктивні особливості в залежності від напруги, струмів вимкнення та конструкції вимикача. Разом з тим вони будуються на загальних принципах умов гасіння електричної дуги в вакуумному середовищі.

В загальному вигляді розріз дугогасильного пристрою камери вакуумного вимикача подано на рис. 2.1. У циліндричній посудині 1 з ізоляційного матеріалу розташований нерухомий контакт 2, закріплений в металевому фланці 3, що герметично з'єднаний з циліндром. Там же знаходиться рухомий контакт 4, з'єднаний з фланцем 5 за допомогою сильфона 6. Сильфон - циліндрична гармоніка, виконана з нержавіючої сталі, яка забезпечує герметичність усієї камери. Камера має достатню механічну міцність і дозволяє рухомому контакту переміщатися до 20 мм.

Для захисту стінок ізоляційного корпусу 1 (рис. 2.1) від парів металу електродів служать екрани 7 і 8. За відсутності екранів пари металу електродів осідають на поверхні циліндра, що згодом приводить до перекриття ізоляції між контактами 2 і 4. Екрани служать також для вирівнювання електричного поля між контактами, що підвищує надійність роботи вимикача.

У сучасних вимикачах тиск всередині дугогасильної камери дорівнює $10^{-4} \div 10^{-6}$ Па.

Натискання рухомого контакту на нерухомий (stationary) виконується за рахунок атмосферного тиску. При великих номінальних струмах ставиться додаткова контактна пружина. При розходженні контактів в момент виникнення дуги спочатку утворюється рідкий металевий місток з матеріалу електродів. Цей місток швидко

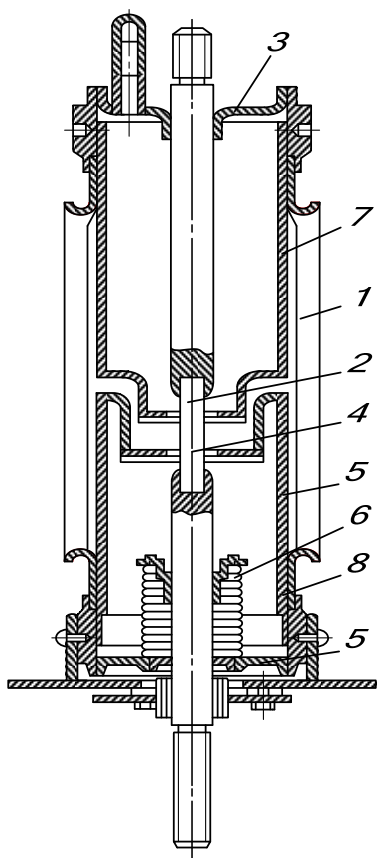


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд вакуумної дугогасильної камери

нагрівається до високої температури завдяки високій густині струму в ньому і різкому зростанню питомого опору матеріалу в розплавленому стані. Потім місток випаровується і з'являється дуга, яка горить в середовищі пари металу електродів. Така дуга називається вакуумною. Характерною особливістю її є мала напруга 20 – 40 В. Тільки при великих струмах (10 – 100 кА) напруга зростає до 50 – 200 В. При проходженні струму через нульове значення дуга гасне. Мала густина газу в дугогасильній камері обумовлює виключно високу швидкість дифузії зарядів через велику різницю густини частинок в дузі, що згасає, і навколишньому просторі – вакуумі.

Після проходження струму через нульове значення за час 10 мкс між контактами відновлюється електрична міцність вакууму. У рівномірному полі ця міцність досягає 105 В/мм. На рис. 2.2 показано контактну систему вимикачів на напругу до 13,8 кВ, на номінальний струм до 3 кА, струм вимикання до 100 кА. Струм від стержня 1 спочатку йде в радіальному напрямі, а потім по провіднику 2 у вигляді дуги кола (струми $i_1 - i_4$). При цьому створюється повздовжнє (осьове) магнітне поле, показане хрестиками і точками. В кінці дуги кола 2 розташований торцевий контакт 3, через який струм проходить з нижнього контакту у верхній. Контакт має всього чотири точки переходу. Загальна сила натиснення всього контакту досягає 12 000 Н. Конструкцію багатоточкового торцевого контакту вакуумної дугогасильної камери наведено також на рис. 1.4.

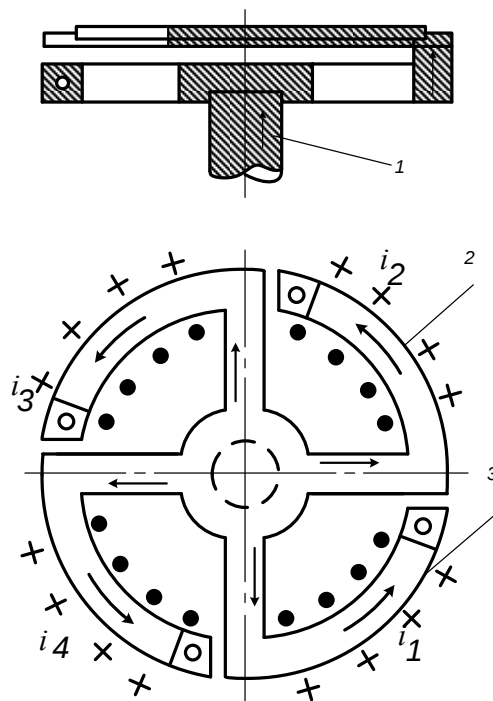


Рисунок 2.2 - Контактна система вакуумної дугогасильної камери з повздовжнім магнітним полем

За рахунок такої конструкції камери у порівнянні з електромагнітними та оливними вимикачами вакуумний вимикач має значно менші габарити та масу, а в порівнянні з повітряним вимикачем на такі ж параметри вакуумний вимикач має меншу масу на 47% і менший об'єм на 46%. Об'єм шафи КРУ при цьому зменшується на 42%, а площа – до 70%.

2.2 Конструктивні особливості камер вакуумних вимикачів

В наш час в Україні розгорнені великі роботи із створення нових вакуумних дугогасильних камер та вимикачів. Основна увага приділяється виробництву вакуумних вимикачів для розподільних установок напругою 6-10 кВ для промислових підприємств, напругою 27,5 кВ для залізничного транспорту та напругою 35-110 кВ для розподільних установок електричних станцій та підстанцій. Одночасно активно продовжуються і роботи з удосконалювання вакуумних вимикачів та їх камер напругою 6-110 кВ та розробка нових серій напругою 220 кВ. Виготовляються та експлуатуються дугогасильні камери напругою 10 кВ, номінальний струм 400 – 3200 А і номінальний струм вимкнення 4 – 31,5 кА.

На рис. 2.3 подано конструкцію вакуумної дугогасильної камери типу КДВ-10-1600-20, яка використовувалась в конструкціях вимикачів серії ВВТЕ. Ззовні камера являє собою керамічний циліндр. Фланці 6 з'єднані з вакуумноімічним ребристим керамічним циліндром 10. До струмовводу 4 прикріплені нерухомі контакти 1, 2 у вигляді торцевої розетки з шістьма

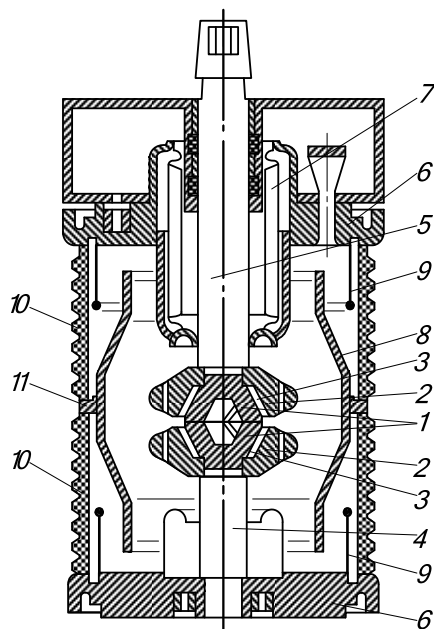


Рисунок 2.3 - Вакуумна дугогасильна камера серії КДВ:

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}, I_{\text{ном}} = 630 \div 1600 \text{ А}, I_{\text{в.ном}} = 20 \text{ кА}$$

точками дотику. Рухомий контакт укріплений на струмовводі 5, який з'єднаний з сильфоном 7. Завдяки цьому рухомий контакт може переміщуватися по вертикалі. Між частинами контактів є зазор 3. Зовнішні струмовводи приєднуються до фланця 6 (жорстка шина) і струмовводу 5 (за допомогою гнучких шин). Для вирівнювання електричного поля і захисту циліндра 10 від напилення парами металу служать екрани 8 і 9. Екран 8 кріпиться до ізолятора за допомогою кільця 11. Нижче, в таблиці 2.1, наведено основні технічні характеристики дугогасильної камери типу КДВ.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики камери КДВ

Номинальна напруга, кВ	10
Номинальний струм, А	1600
Опір струмоведучого кола при додатковому натисканні 1600 Н, мкОм	16
Номинальний відносний вміст аперіодичної складової, %	0,35
Тривалість дуги, с, не більше	0,02
Граничний струм увімкнення, - амплітудне значення, кА - початкове значення періодичної складової, кА	51 20
Струм термічної стійкості (4 с), кА	20
Амплітуда граничного наскрізного струму, кА	70
Середній струм зрізу, А, не більше	10
Електрична зносостійкість в циклі увімкнення - вимкнення: - при $I_{ном} = 1600$ А - при $I_{вимк. ном} = 20$ кА	100 25
Механічна зносостійкість, операцій	$2 \cdot 10^4$
Хід рухомого контакту, мм	12
Допустиме зношування контактів, мм	4
Швидкість рухомого контакту, м/с: - при вимкненні - при увімкненні	1,7 – 2,3 0,6 – 0,9
Мінімальна безструмова пауза, с	0,3
Середній термін служби камери, років	25

2.3 Особливості конструкцій основних типів вакуумних вимикачів

На основі розглянутої вище вакуумної дугогасильної камери КДВ створювались вимикачі напругою 10 кВ з номінальним струмом до 3200 А

і струмом вимкнення до 31,5 кА, напругою до 35 кВ з номінальним струмом 1600 А і струмом вимкнення до 20 кА.

На рис. 2.4 показано вакуумний вимикач **ВВТЕ-10-10/630У2**, призначений для комутації електричних кіл напругою 10 кВ у нормальних і аварійних режимах, який влаштовується в комірці КРУ. На рамі 8 за допомогою ізоляційних каркасів 11 укріплені три дугогасильні вакуумні камери 6. Вивід рухомого контакту 5 за допомогою гнучкого зв'язку 4 з'єднаний з верхнім контактним ножем 1, який укріплений на ізоляційній балці 2. Нерухомий (stationary) контакт камери з'єднаний з нижнім ножем 7. Електромагнітний привод (drive) 13 через систему тяг і ізоляційної плити 14 з'єднаний з рухомими контактами. Кінцеве контактне натискання забезпечують пружини 3. Сталева перегородка 10 призначена для захисту постійних магнітів, що знаходяться в приводі від впливу електромагнітних полів головних кіл вимикача.

Вимикач закритий передньою кришкою 12 з вікнами для спостереження за механічним показником увімкненого та вимкненого положень і лічильником кількості циклів УВ. Заземлення здійснюється за допомогою гвинтів 9. Розглянутий вимикач розрахований на 2000 операцій УВ при номінальному струмі і 50 операцій при струмі короткого замикання 10 кА. Повний час вимкнення вимикача 0,05 с.

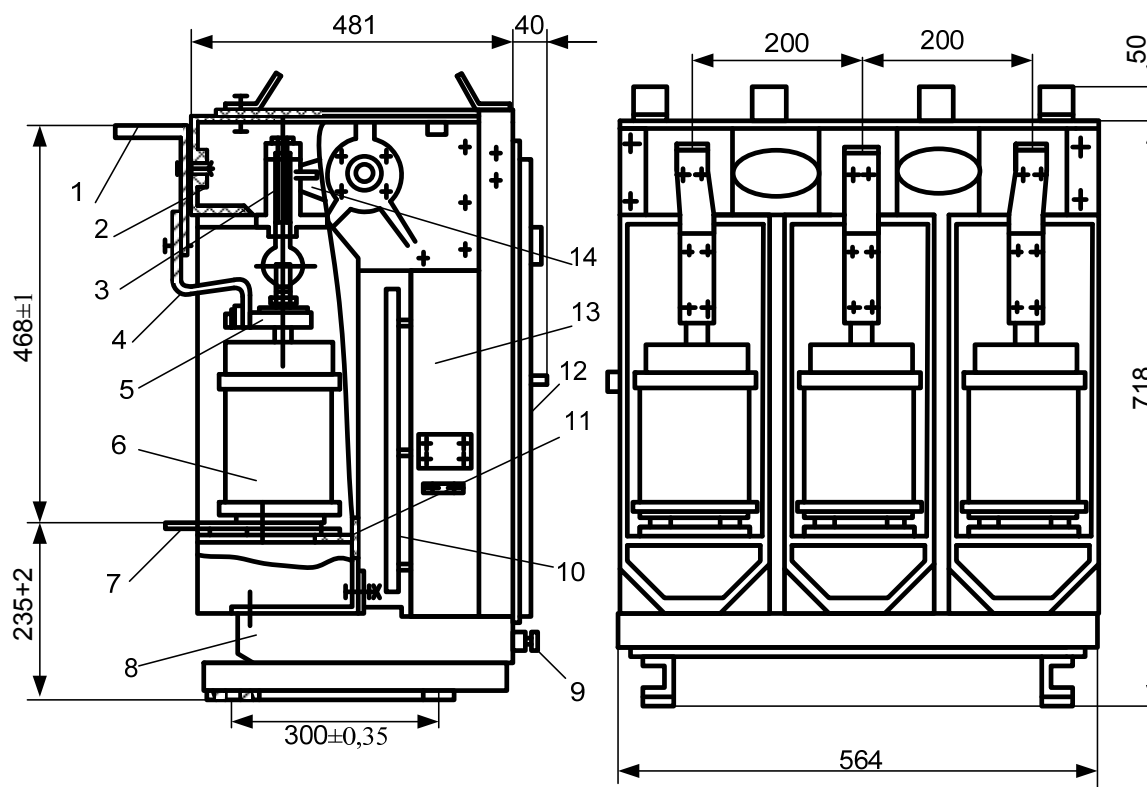


Рисунок 2.4 - Вимикач вакуумний **ВВТЕ-10-10/630У2**

Аналогічну будову мають вимикачі на 1000 і 1600 А. Вимикачі **ВВТП**, на відміну від наведеного вище **ВВТЕ**, мають пружинний привод.

На рис. 2.5 подано загальний вигляд дугогасильної камери фірми «Сіменс» (Німеччина) на напругу 12 кВ, номінальний струм 1250 А і номінальний струм вимкнення 25 кА. Згодом номінальний струм було збільшено до 2500 А, напругу до 24 кВ при струмі вимкнення до 16 кА.

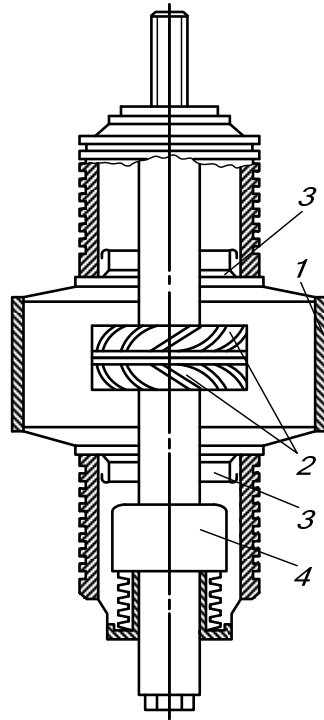


Рисунок 2.5 - Вакуумна дугогасильна камера фірми «Сіменс»
 $U_{\text{ном}}$ – до 24 кВ, $I_{\text{ном}}$ – до 2500 А, $I_{\text{о.ном}}$ – до 25кА

Особливістю дугогасильної камери є відсутність суцільного ізоляційного корпусу. Середня частина вимикача – це камера гасіння 1, яка виконана металевою. В камері розташовані контакти 2 зі спіральними прорізами для розтягування дуги, екрани 3 та сильфон 4. Пари металу, осідаючи на стінці камери, не погіршують ізоляційних властивостей дугогасильної камери. Контакти мають шліци-спіралі 2, що зменшують зношування і підвищують струм вимкнення. Поле усередині дугогасильної камери вирівнюється за допомогою двох екранів 3, з'єднаних з камерою гасіння, і двох екранів, з'єднаних з фланцями дугогасильної камери.

На рис. 2.6 подано вимикач, що використовує вакуумну дугогасильну камеру фірми «Сіменс». Камера закріплена на опорних ізоляторах за допомогою тримачів 7. Підключення вимикача виконується виводами 2 і 6. Вивід 6 з'єднаний з рухомим контактом 4 за допомогою гнучкого зв'язку. Нерухомий контакт 3 з'єднаний з виводом 2. Ізоляція нерухомого 3 і рухомого 4 контактів від металевого корпусу 1 (див. рис. 2.6) здійснюється фарфоровими ізоляторами 5. Переміщення рухомого контакту здійснюється за допомогою ланок 8 і 9. Пружина 10 створює

додаткове контактне натиснення. Управління механізмом виконується за допомогою клямки 11. У вимикачі використовується двигунний привод (drive). Вимикач випускається на напруга 7,2 – 24 кВ, номінальний струм 630 – 2500 А і струм вимкнення 8 – 25 кА. Швидкість відновлення електричної міцності камери μ до $5 \cdot 10^4$ В/мкс. Найбільша тривалість горіння дуги 11 мс. Вимикач може забезпечити 20 000 операцій УВ при номінальному струмі і 100 операцій при номінальному струмі вимкнення. При менших потужностях вимикач виходить ще компактнішим.

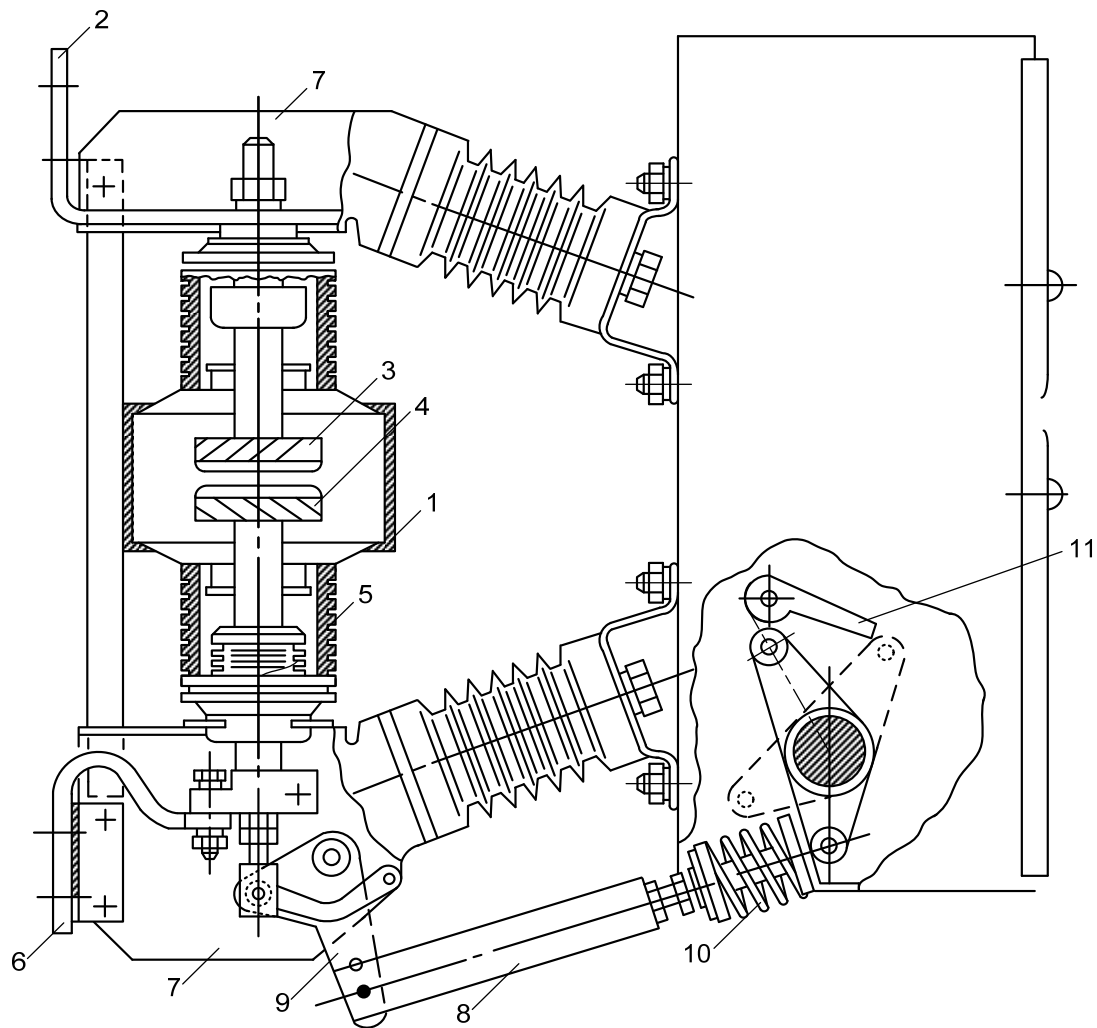


Рисунок 2.6 - Вакуумний вимикач фірми «Сіменс»

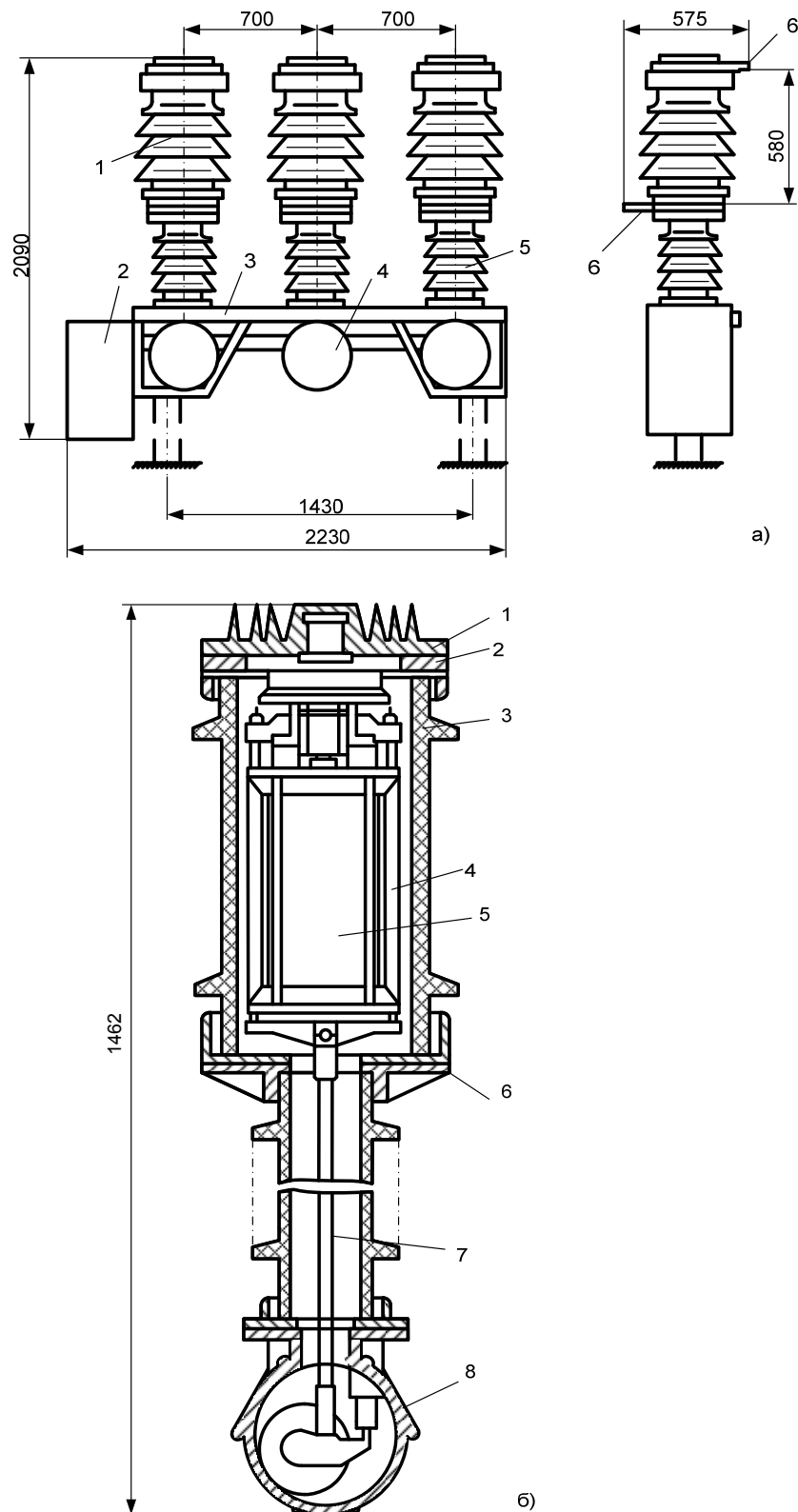


Рисунок 2. 7 – Вакуумний вимикач **ВВК-35Б-20/1000У1**:

а – загальний вигляд: 1 – полюс; 2 – привод; 3 – рама; 4 – механізм приводу полюса; 5 – опорний ізолятор; 6 – струмоведучі шини;

б – полюс вимикача: 1 – кришка; 2, 6 – фланці; 3 – фарфоровий ізолятор; 4, 7 – тяги; 5 – вакуумна камера; 8 – механізм привода

В розподільних установках напругою 35 кВ експлуатуються колонкові вакуумні вимикачі серії **ВВК** та більш сучасні вакуумні вимикачі як вітчизняних виробників, наприклад, вимикач серії **ВР35НС** Рівненського заводу високовольтної апаратури «РЗВА – Електрик», так і закордонних - ABB, Siemens, Ahlstrom, та ряду російських підприємств, наприклад **ВВЕЛ-35** фірми НВП "ЭЛВЕСТ".

На рис.2.7, а показано загальний вигляд вакуумного вимикача **ВВК-35Б-20/1000У1**, призначеного для частих комутацій у нормальних і аварійних режимах. Вимикач розрахований для відкритого встановлення.

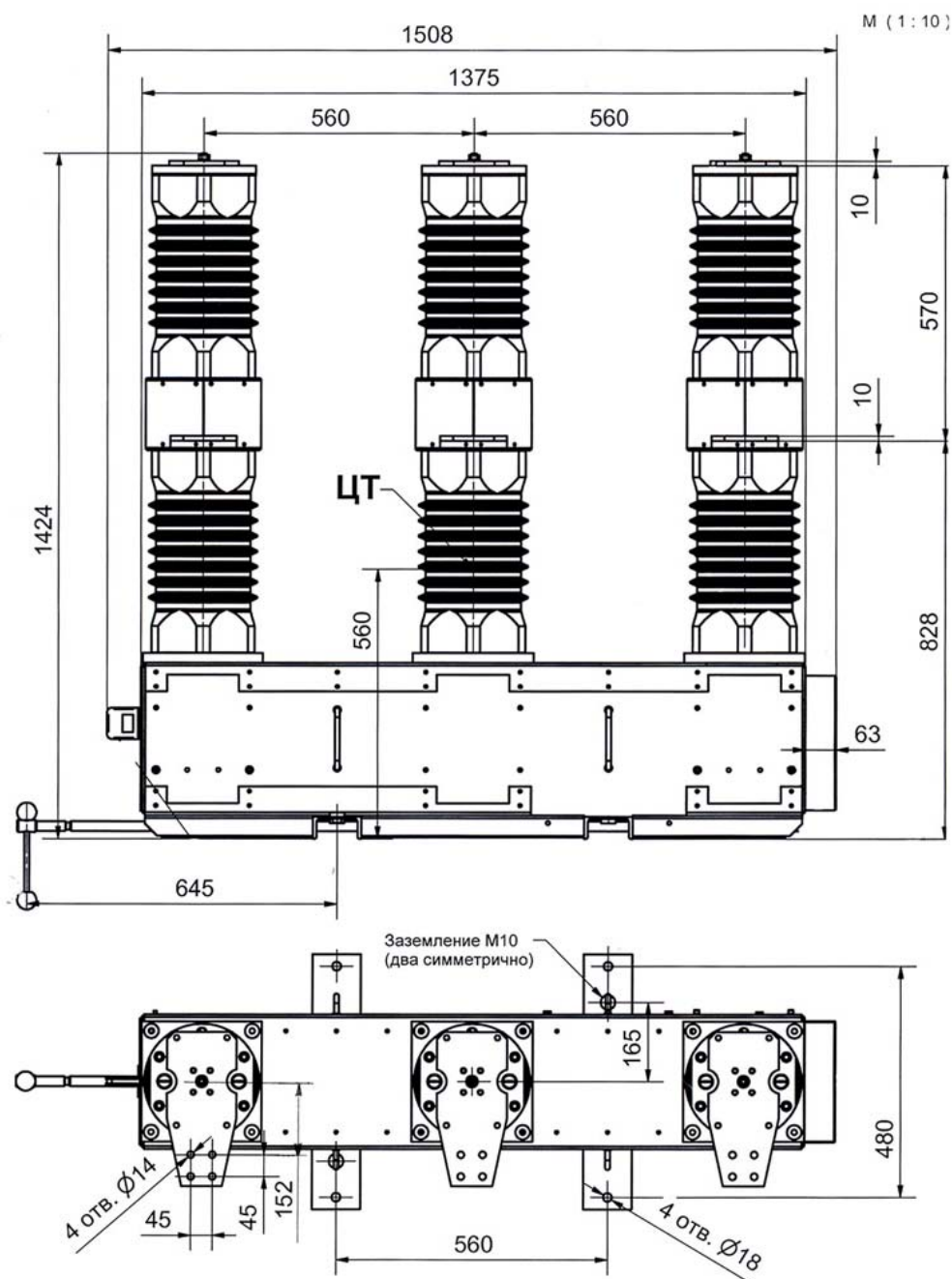


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри вакуумного вимикача **ВВЕЛ-35**

На спільній рамі (carriage) кріпляться за допомогою фарфорових ізоляторів три полюси (pole). У кожному полюсі (рис. 2.7, б) у фарфоровому ізоляторі 3, армованому фланцями 2 і 6, міститься дугогасильна камера 5. Для надійної ізоляції полюси заливаються оливою, а в кришці 1 є оливовказівник. Механізм привода полюса 8 тягами 7 і 4 з'єднаний з рухомим контактом. Гасіння дуги здійснюється у вакуумній камері 5.

Більш сучасний вакуумний вимикач внутрішньої установки **ВВЕЛ-35** (рис. 2.8) напругою 35 кВ і струмами вимкнення 31,5 кА і 40 кА, номінальними струмами до 2500 А з електромагнітним приводом призначений для комутації електричних кіл в нормальних і аварійних режимах роботи мереж трифазного змінного струму частотою 50 Гц. Вимикач відрізняється зручністю і надійністю в експлуатації за рахунок застосування нової конструкції електромагнітного привода, що не потребує обслуговування. Завдяки блоковому компонуванню передбачено доступ до всіх найважливіших вузлів полюсів і привода, що дозволяє легко контролювати основні ходові характеристики вимикача.

Вакуумний вимикач **ВВЕЛ-35-40/1600** розроблений в першу чергу для експлуатації на електричних станціях і призначений для заміни застарілих морально та фізично повітряних і оливних вимикачів з аналогічними параметрами. В таблиці 2.2 наведено основні технічні характеристики вимикача **ВВЕЛ-35**.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики вимикача **ВВЕЛ-35**

Параметр	Норма
Номінальна напруга, кВ	35
Номінальна робоча напруга, кВ	40,5
Найбільший струм, А	1250, 1600, 2000, 2500
Номінальний струм вимкнення, кА	31.5, 40
Ресурс з комутаційної стійкості, циклів В:	
- при номінальному струмі,	10000
- при номінальному струмі вимкнення	50
Ресурса з механічної стійкості, циклів В	10000
Маса, кг	350

В розподільних установках напругою 110 кВ певний час експлуатувались вакуумні вимикачі типу **ВВК-110Б-20/1000У1**. У кожному полюсі в фарфоровій покривці цього вимикача містяться чотири

послідовно увімкнені дугогасильні камери КДВ. У решті будова цього вимикача подібна до будови вимикача типу **ВВК-35** (див. рис. 2.7).

В наш час в розподільних мережах напругою 110 кВ застосовують вимикачі іноземного виробництва, наприклад, російські вимикачі для внутрішнього встановлення серії **ВБЕ-110** з електромагнітним приводом та вимикачі серії **ВВЕЛ-110** як для внутрішнього, так і для зовнішнього встановлення. Розробляються вакуумні вимикачі напругою 110 кВ і на „РЗВА – Електрик”.

Вакуумний вимикач внутрішнього встановлення **ВБЭ-110** з електромагнітним (electromagnetic) приводом - розробка НВП "ЕЛВЕСТ", що не має аналогів в Росії і країнах СНД. Вимикач призначений для виконання частих комутаційних операцій в нормальних і аварійних режимах роботи трансформаторів дугових сталеплавильних печей на номінальну напругу 110 кВ частотою 50 Гц і інших електроустановок в достатньо жорстких режимах (по 50-100 комутацій на добу).



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд вакуумного вимикача **ВБЕ-110**

Вимикач **ВБЕ-110** (рис. 2.9) складається з трьох окремих полюсів, кожен з яких керується своїм індивідуальним електромагнітним приводом. Кожен полюс вимикача має чотири розриви (вакуумні дугогасильні камери), що шунтуються конденсаторами. Увімкнення відбувається за допомогою ізоляційних тяг, з'єднаних з приводом. Для забезпечення надійної ізоляції простір між вакуумною камерою і корпусом вимикача

заповнений спеціальною негорючою і нетоксичною речовиною з високою електричною міцністю, а опорний ізолятор заповнений пінополіуретаном. Вимикач **ВБЕ-110** має підвищену вибухо- та пожежобезпечність, простішу конструкцію і зручніший в експлуатації порівняно з повітряними, элегазовими і оливними вимикачами класу напруги 110 кВ.

Основні технічні характеристики вимикача **ВБЕ-110** наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики вимикача **ВБЕ-110**

Параметр	Норма
Номинальна напруга, кВ	110
Найбільша робоча напруга, кВ	126
Найбільший струм, А	1250, 1600
Номинальний струм вимкнення, кА	5, 20, 31.5
Ресурс з механічної стійкості, циклів УВ	20000
Ресурс з комутаційної стійкості, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при номінальному струмі вимкнення	50
Маса, кг	1400

В наш час вимикачі **ВБЕ-110** в розподільних установках можуть бути замінені на нові більш сучасні вакуумні вимикачі російського виробництва серії **ВВЕЛ-110**. Габаритні розміри вакуумного вимикача зовнішнього встановлення **ВВЕЛ-110-У1** наведено на рис. 2.10, а основні технічні характеристики в таблиці 2.4. Габаритні розміри вимикача внутрішнього встановлення серії **ВВЕЛ-110-У3** наведено на рис. 2.11, а основні технічні характеристики в таблиці 2.5.

Йде розробка нових способів гасіння електричної дуги в вакуумі, застосовуються більш сучасні електротехнічні матеріали та технології. Передові технології в електроапаратобудованні та сучасне виробництво дозволяють вітчизняним виробникам, в першу чергу компанії „Високовольтний союз” Рівненського заводу високовольтної апаратури „РЗВА – Електрик”, в недалекому майбутньому забезпечити розробку промислових зразків більш сучасних вакуумних вимикачів напругою 110 та 220 кВ.

Таблиця 2.4 – Основні технічні характеристики вимикача зовнішнього встановлення серії **ВВЕЛ-110-У1**

Параметр	Норма
Номинальна напруга, кВ	110
Номинальна робоча напруга, кВ	126
Найбільший струм, А	630, 1250, 1600, 2000
Номинальний струм вимкнення, кА	20, 31.5
Ресурс з комутаційної стійкості, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	10000
- при номінальному струмі вимкнення	50
Ресурса з механічної стійкості, циклів В	10000
Маса, кг	1000

Таблиця 2.5 – Основні технічні характеристики вимикача внутрішнього встановлення серії **ВВЕЛ-110-У3**

Параметр	Норма
Номинальна напруга, кВ	110
Номинальна робоча напруга, кВ	126
Найбільший струм, А	630, 1250, 1600, 2000, 2500
Номинальний струм вимкнення, кА	5, 20, 25, 31.5, 40
Ресурс з комутаційної стійкості, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	10000
- при номінальному струмі вимкнення	50
Ресурса з механічної стійкості, циклів В	10000
Маса, кг	1000

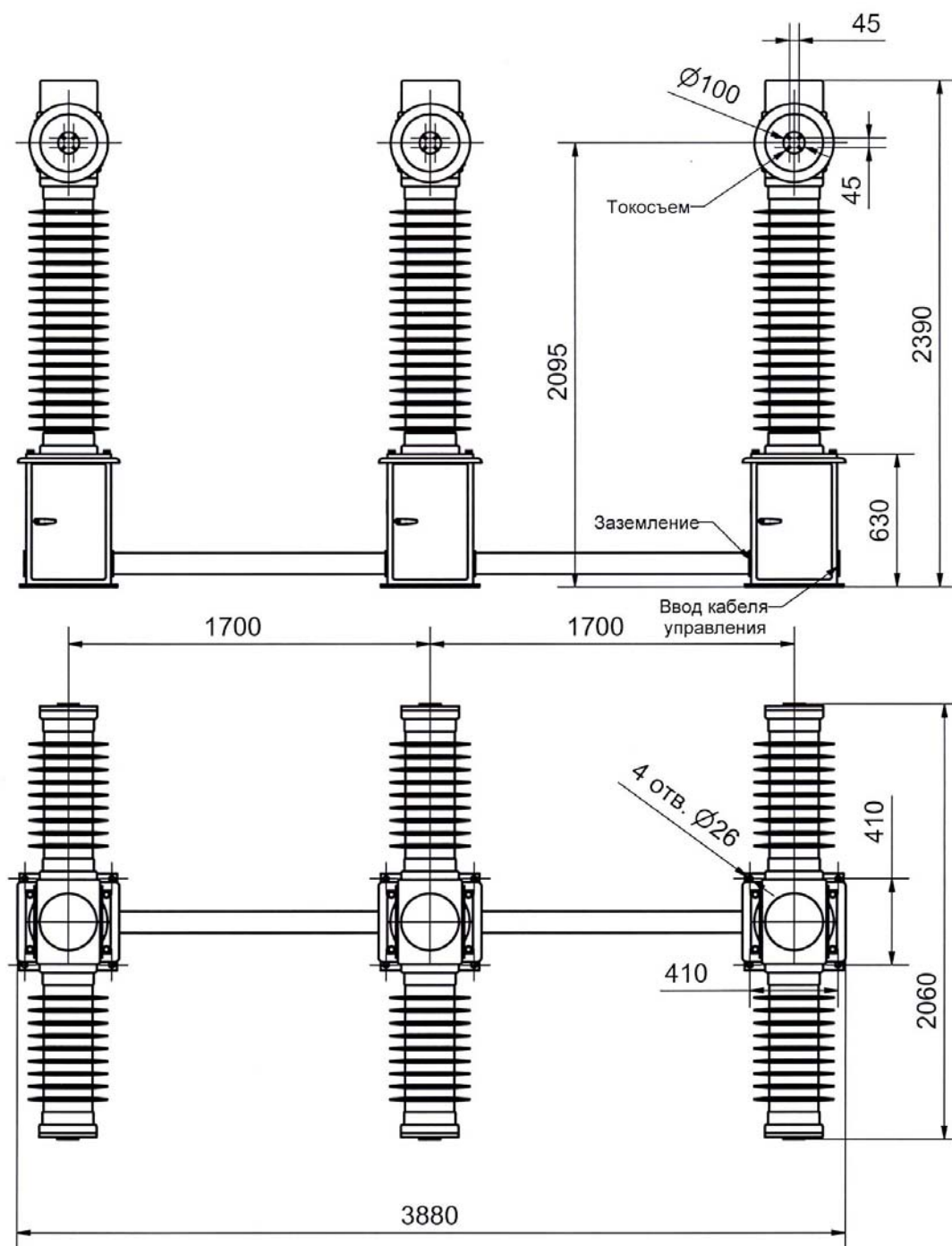


Рисунок 2.10 – Габаритні розміри вакуумного вимикача зовнішнього встановлення **ВВЕЛ-110-У1**

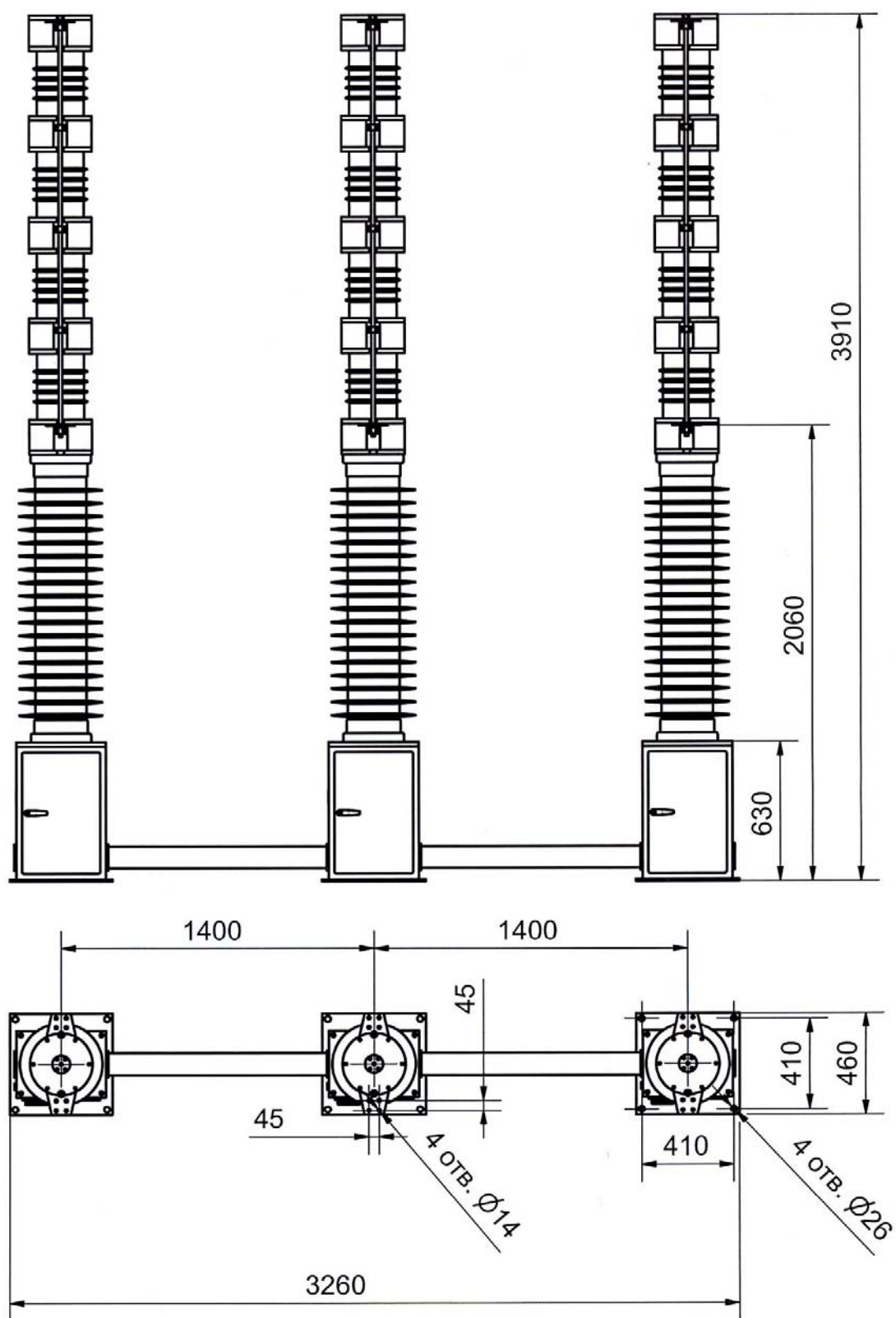


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри вакуумного вимикача внутрішнього встановлення **ВВЕЛ-110-У3**

3 КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНИХ ТИПІВ СУЧАСНИХ ВАКУУМНИХ ВИМИКАЧІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Вакуумні вимикачі серії ВР компанії "Високовольтний союз"

Рівненський завод високовольтної апаратури та Нижньотуринський електроапаратний завод, що утворили компанію "Високовольтний союз", є знаними та шанованими підприємствами електротехнічної галузі. Вже майже півсторіччя український та російський заводи-близнюки постачають силові та генераторні вимикачі, КРУ загальнопромислового та спеціального призначення, роз'єднувачі, заземлювачі та інше обладнання середнього класу напруги до усіх галузей народного господарства країн колишнього СРСР та багатьох інших країн світу. Останніми роками до номенклатури продукції додалися комплектні трансформаторні підстанції (проекти "під ключ"), обладнання для модернізації/реконструкції КРУ (програма Ретрофіт), низьковольтні комплектні пристрої та монтажні шафи тощо [11].

Вакуумні вимикачі компанії „Високовольтний союз” Рівненського заводу високовольтної апаратури „РЗВА – Електрик” серії ВР (ВР1, ВР2, ВР3, ВР6, ВР6В, ВР6К) призначені для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частотою 50 (60) Гц із номінальною напругою 6 - 10 кВ для систем із ізольованою і частково заземленою нейтраллю. Вимикачі використовуються для нових КРУ, а також для реконструкції шаф КРУ, що уже перебувають в експлуатації. У всіх випадках встановлення вимикачів серії ВР допускається тільки після узгодження з підприємством-виробником.

Вимикачі ВР6В в основному використовуються для заміни електромагнітних вимикачів ВЕС-6 в шафах КГ-6С на теплових і атомних станціях. Вимикачі ВР6К в основному використовуються для заміни електромагнітних вимикачів ВЭМ-6 в шафах К-Х і К-XXV на теплових і атомних станціях. Типовиконання вимикачів серії ВР на 6 - 10 кВ залежно від номінального струму і номінального струму вимкнення можна подати у вигляді діаграми на рис 3.1.

Основні переваги вимикачів вакуумних ВР це: механічний ресурс до 100 000 циклів вимикання; гарантійний термін експлуатації 4 роки; відсутність обслуговування; можливість використання в схемах на постійній і змінній оперативній напрузі.

Розроблений спеціально для залізничників, вакуумний вимикач ВБНК-27,5 вирізняється своєю компактністю. Незвичним для ока є також вигляд полюса – його вкрито ізоляцією з кремнієорганічної гуми. У полюсі вимикача не застосовується трансформаторна олива, як і в сучасних вимикачах 35 кВ.

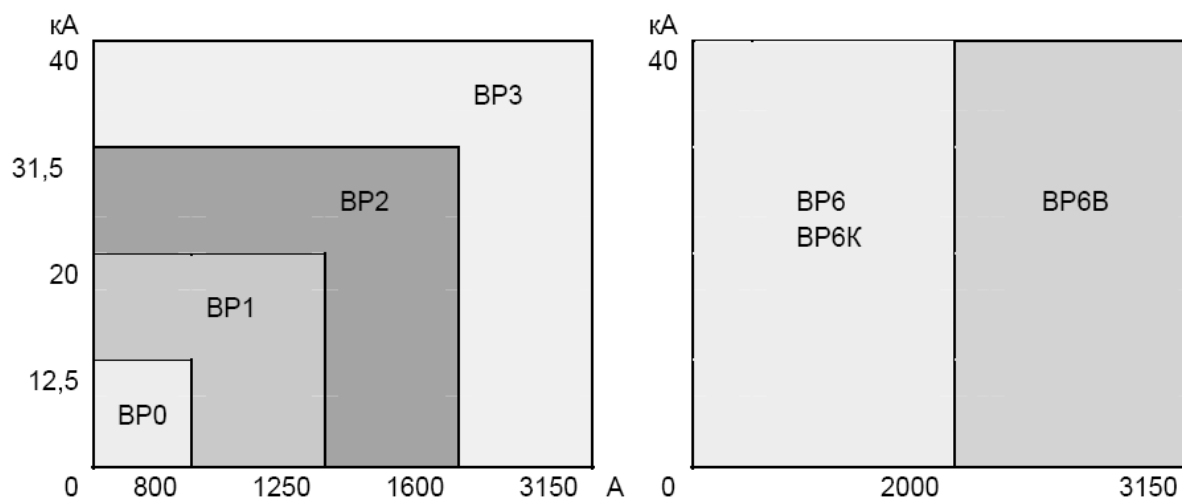


Рисунок 3.1 - Типовиконання вимикачів серії ВР за номінальним струмом і номінальним струмом вимкнення

Компанія "Високовольтний союз" демонструє два альтернативних погляди на комутацію мереж 35 кВ: вимикач зовнішнього встановлення серії ВР35НТ та внутрішнього встановлення серії ВР35. Обидва апарати є новинками. ВР35, який нещодавно з'явився на ринку та вже довів свою надійність в експлуатації на металургійному виробництві, зазнав певної модернізації. Найважливіші зміни – заміна ізоляції полюсів. Відтепер замість використання ізоляційних "кожухів" з полімеру полюси виготовляються литими з епоксидного компаунду. Це стало можливим завдяки подальшому розвитку на підприємстві технології епоксидного литва. Спільними зусиллями цей апарат було вдосконалено за рахунок застосування універсального електромагнітного приводу, розробленого рівненськими фахівцями. Характеристики ВР35: номінальний струм – 630, 1000, 1250 А; номінальний струм вимкнення – 20 кА, струм електродинамічної стійкості – 52 кА; комутаційний ресурс – 30000 та 50 операцій вимкнення.

3.1.1 Особливості конструкцій вакуумних вимикачів серії ВР напругою 6-10 кВ

Першим і базовим вимикачем серії **ВР** став вимикач ВР1. Вимикачі ВР (до модернізації — VM1S-10) напругою на 6 – 10 кВ застосовуються для роботи в щойно встановлюваних комплектних розподільних установках (КРУ) класичного компонування (з розташуванням вимикача в нижній частині шафи КРУ на візку елемента викочування). Вимикачі ВР можуть застосовуватися для встановлення в КРУ виробництва ЗАТ „Високовольтний союз” - КУ10Ц, а також більшості серій КРУ, що виробляються іншими заводами. Крім того, вимикачі ВР широко використовуються для заміни відпрацювавших свій ресурс комутаційних

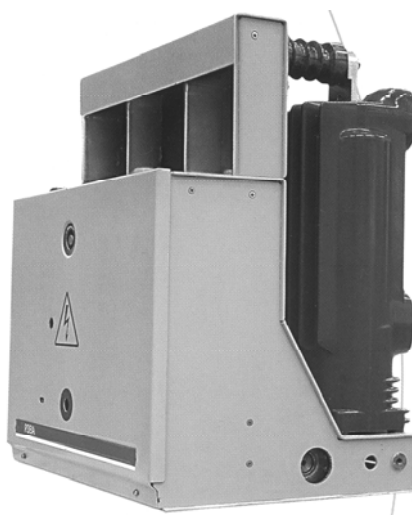
апаратів за програмою Ретрофіт в більшості КРУ попередніх років випуску. Загальний вигляд вимикачів серії ВР1, ВР2 та ВР3 наведено на рис. 3.2.



а) вакуумний вимикач серії ВР1



б) вакуумний вимикач серії ВР2



в) вакуумний вимикач серії ВР3

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд вакуумних вимикачів серії **ВР**

Основними перевагами вимикачів серії **ВР** є такі:

- висока надійність;
- високий механічний ресурс;
- тривалий час зберігають можливість вимкнення при відсутності оперативного струму;
- блокування повторного увімкнення (якщо команда увімкнення продовжує діяти після автоматичного вимкнення вимикача);
- блокування переміщення всередині КРУ з робочого положення в контрольне і навпаки при увімкненому вимикачі;
- блокування увімкнення і вимкнення вимикача між робочим і контрольним положенням;
- високий комутаційний ресурс при номінальних струмах і номінальних струмах вимкнення;
- полюси і привід вимикачів не потребують обслуговування протягом всього терміну експлуатації;
- тривалий гарантійний термін експлуатації.

Конструкція полюса вакуумного вимикача **ВР** показана на рис.3.3.

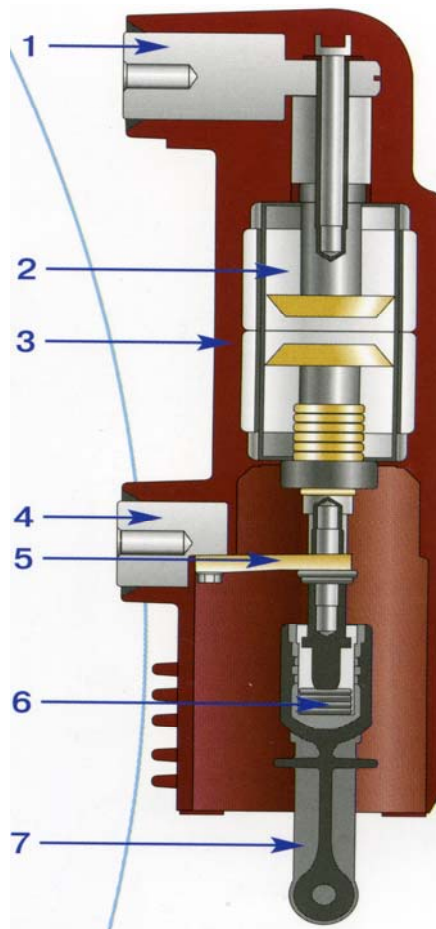


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд полюса вакуумного вимикача **ВР1**

Вимикач складається з трьох полюсів із залитими вакуумними дугогасильними камерами (ВДК), розміщеними на загальній основі. Електромагнітний (electromagnetic) привід вимикача розміщений в корпусі вимикача. Осердя електромагнітного приводу через проміжний вал і тягу пов'язане з валом вимикача. Вал вимикача з'єднаний через ізоляційну тягу з ВДК і при повороті керує контактами положення вимикача для зовнішніх допоміжних кіл. У втулках ізоляційної тяги знаходяться тарілчасті пружини підтискання контактів ВДК. Схеми блока управління реалізовані на штампованих платах, які встановлені в корпусі вимикача.

Нова серія литих полюсів вакуумних вимикачів серії ВР надає вимикачам ще ряд переваг. Залиті епоксидним компаундом вакуумні камери надійно захищені від механічних і електричних пошкоджень. Трубоподібна конструкція ізоляції полюсів забезпечує оптимальний розподіл електричного поля, при якому величина відстані між полюсами, а також до заземлених частин конструкції вимикачів і розподільних пристроїв може бути мінімальною. Вдало вибрана конструкція полюсів перешкоджає накопиченню пилу на ізоляційній поверхні.

Новий багатофункціональний електромагнітний привід вакуумних вимикачів серії ВР (рис. 3.4) виконує такі функції:

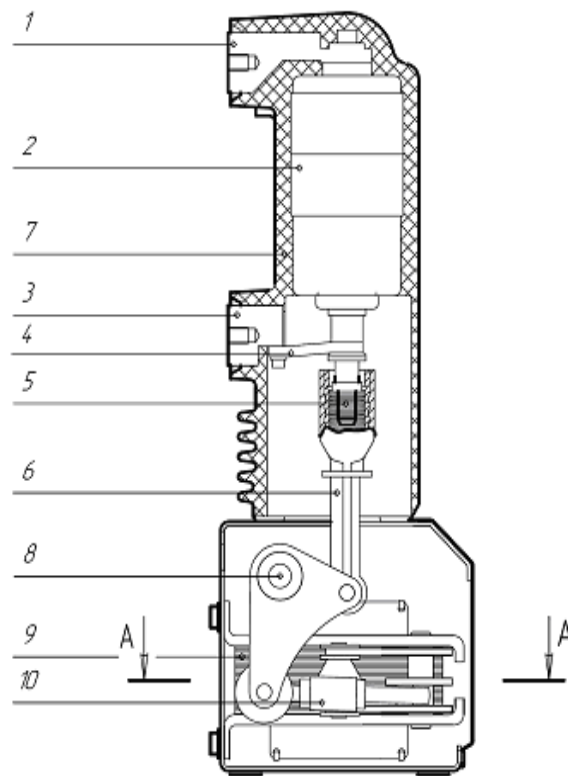
- забезпечує надійне і стабільне увімкнення з нормованими параметрами;
- забезпечує надійне і стабільне вимкнення з нормованими параметрами, що дозволило вперше не використовувати традиційний елемент для всіх вимикачів - вимикальну пружину і тим самим значно знизити енергоємність приводу і підвищити його надійність;
- надійно фіксує вимикач за допомогою "магнітної зачіпки" в обох крайніх положеннях "Увімкнено" і "Вимкнено";
- забезпечує ручне нормоване вимкнення.

Багатофункціональність електромагнітного приводу і простота його конструкції дозволила суттєво збільшити надійність і ресурс вимикачів. Крім того, це дало такі переваги:

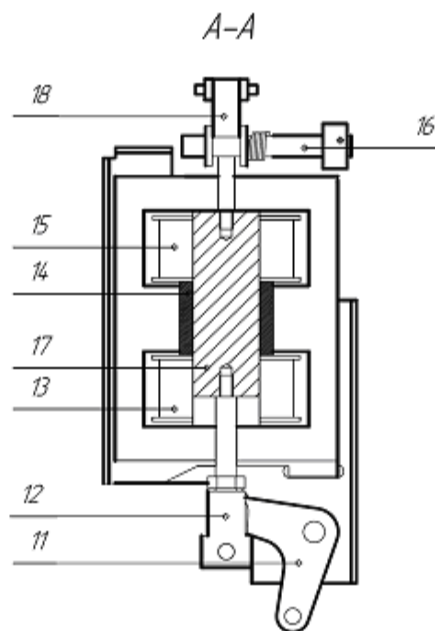
- мале споживання електроенергії при увімкненні і вимкненні;
- можливість керування як у колах оперативного постійного, так і оперативного змінного струму;
- мінімальна вага і габарити;
- відсутність буферів і регулювань;
- відсутність необхідності проведення ремонтів протягом всього терміну служби.

Технологічний процес увімкнення та вимкнення вимикача серії ВР розглянемо за рис. 3.4:

- за командою "УВМ" струм увімкнення від блока керування протікає по котушці увімкнення 13;



а) полюс вимикача



б) привод вимикача

Рисунок 3.4 – Конструкція полюса та приводу вимикача **ВР1**:

1 – верхній контакт; 2 – вакуумна дугогасильна камера; 3 – нижній контакт; 5 – пружини підтискання; 6 – ізоляційна тяга; 7 - ізоляційний каркас полюса; 8 – основний вал; 9 – електромагніт; 10 – регулювальна тяга; 11 – проміжний вал; 12 – вставка увімкнення; 13 - котушка увімкнення; 14 – постійний магніт; 15 – котушка вимкнення; 16 – вал ручного вимкнення; 17 – осердя; 18 – вставка вимкнення.

- осердя 17 втягується котушкою увімкнення електромагніту, приводячи в рух вставку 12;
- вставка 12 повертає проміжний вал (shaft) 11, який через тягу 10 повертає основний вал 8 вимикача;
- разом з основним валом 8 рухається вгору ізоляційна тяга 6 і рухомий контакт ВДК;
- контакти ВДК замикаються;
- осердя 17 і пов'язана з ним ізоляційна тяга 6 продовжують рухатися вгору і пружинами підтискання 5 підтискають контакти ВДК;
- осердя 17 досягає свого крайнього положення, замикаючи контур увімкнення постійного магніта 14 ("магнітна защіпка") і тим самим забезпечує утримування контактів ВДК в увімкненому положенні з необхідним рівнем їх підтискання, котушка увімкнення 13 знеструмлюється.

Вимикання відбувається за таким алгоритмом:

- за командою "ВМК" струм вимикання від блока керування протікає по котушці вимкнення 15 і створює електромагнітне поле в контурі вимкнення електромагніту значно більше, ніж поле створюване постійними магнітами 14 у контурі вимкнення;
- під впливом електромагнітного поля осердя 17 рухається у напрямку вставки вимкнення, приводячи в рух вал 8 через проміжний вал 11 і тягу 10;
- електромагніт, а також енергія накопичена в пружинах підтискання 5 в процесі увімкнення, викликають прискорений рух ізоляційної тяги 6 і пов'язаного з нею рухомого контакту ВДК вниз;
- вимикач швидко вимикається;
- осердя 17 досягає свого крайнього положення, замикаючи контур вимкнення постійного магніта 14 ("магнітного затвора"), котушка вимкнення 15 знеструмлюється, привід знаходиться в початковому положенні.

Конструкцією вимикача передбачена можливість ручного вимкнення. Вимкнення проводиться спеціальною рукояткою вимкнення, на якій розміщена пружина ручного вимкнення. Після з'єднання рукоятки вимкнення з валом ручного вимкнення 16 необхідно повернути рукоятку проти годинникової стрілки до повного вимкнення вимикача (не більше ніж на 180°). При цьому встановлені на валу ручного вимкнення 16 кулачки впливають на ролики вставки вимкнення 18, що приводить в рух осердя 17 електромагніту з увімкненого положення в вимкнене. Запас енергії пружини вимкнення достатній для забезпечення повного нормативного вимкнення.

Блок керування вакуумних вимикачів серії ВР складає єдине ціле з вимикачем і розміщений в корпусі вимикача. При цьому керування здійснюється як змінним, так і постійним (випрямленим) оперативним струмом. Виконані в блоці керування схемні рішення дозволяють без

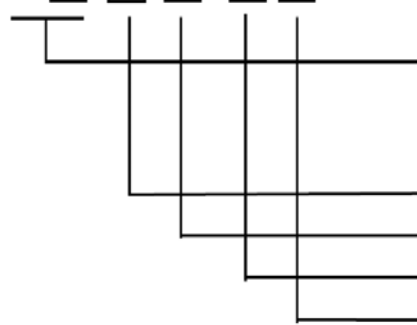
особливих труднощів застосовувати вимикачі у всіх відомих типових роботах як для схем з пружинними, так і для схем з електромагнітними приводами усіх раніше виготовлених КРУ (К-ХП, К-ХХVI, К-37, КРУ2-10, К-59, К-104, КМ-1Ф, КУ-10Ц, К-Х, КГ-6, КЕ-6 КЕЕ-6 і ін.) з різними джерелами живлення.

Резервний блок захисного вимкнення призначений для вимкнення вимикачів серій ВР1, ВР2, ВР3 при короткому замиканні на лінії і тривалій відсутності на цей момент оперативної напруги, а також для неоперативного дистанційного увімкнення вимикачів за відсутності оперативної напруги. Вимикачі з таким блоком призначені для роботи на підстанціях з великою вірогідністю тривалої відсутності оперативної напруги (на термін більше 10 годин).

Принцип роботи блока оснований на перетворенні струму первинного ланцюга в напругу з подальшим збільшенням до 220 В. При нормальній роботі підстанції оперативна напруга на вимикач поступає через діодний місток. При зникненні напруги підключається помножувач, який підтримує конденсатор в зарядженому стані.

Структура умовного позначення вимикача серії **ВР** така:

ВР □ - □ - □ / □ □



вимикач вакуумний з електромагнітним приводом серій ВР1, ВР2, ВР3, ВР6, ВР6В, ВР6К;

номинальна напруга, кВ;

номінальний струм вимкнення вимикача, кА;

номінальний струм, А;

кліматичне виконання, категорія розміщення.

Приклад запису позначення вимикача серії **ВР1** на номінальну напругу 10 кВ, номінальний струм вимкнення 20 кА, номінальний струм 630 А, кліматичне виконання і категорія розміщення У2:

ВР 10 – 20 – 630 / У2.

Номінальні значення кліматичних умов для вимикачів згідно з ГОСТом 15543.1 і ГОСТом 15150 такі:

- висота над рівнем моря не більше 1000 м;
- верхнє і ефективне значення температури повітря, що оточує вимикач, приймають рівним для виконання У2 – + 50°C, для виконання ТЗ – + 60°C, з урахуванням перевищення температури в КРУ.

- нижнє значення температури повітря, що оточує вимикач - мінус 25°C. При нижчій температурі необхідний підігрів навколишнього повітря згідно з ГОСТом 14693.

- навколишнє середовище вибухобезпечне, тип атмосфери II за ГОСТом 15150.

Робоче положення в просторі не регламентується. Вимикачі призначені для роботи в операціях "В" і "У" і в циклах В-0,3с-УВ-180с-УВ, В-0,3с-УВ-20с-УВ і В-180с-УВ-180с-УВ.

Основні технічні параметри вакуумних вимикачів серій **ВР** наведено в додатку А.

3.1.2 Основні характеристики вакуумних вимикачів серій ВРС напругою 6 – 10 кВ

Вакуумні вимикачі серії **ВРС**, загальний вигляд яких наведено на рис. 3.5, призначені для комутації електричних кіл змінного струму



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд вакуумного вимикача серії **ВРС**

частоти 50 і 60 Гц з номінальною напругою 6 і 10 кВ при нормальних і аварійних режимах в системах з ізольованою або частково заземленою нейтраллю.

Вимикачі **ВРС-6** призначені для роботи в комірках комплектних розподільних установок внутрішнього встановлення з номінальною напругою 6 кВ, у тому числі і КРУ для установок власних потреб теплових і атомних електростанцій. Вимикачі **ВРС-10** призначені для роботи при номінальній напрузі 10 кВ в щойно встановлюваних комплектних розподільних установках загальнопромислового використання.

Таблиця 3.1 Технічні характеристики вимикачів серії **ВРС**

Номінальна напруга	кВ	6	10
Найбільша робоча напруга	кВ	7,2	12
Номінальний струм	А	1250-3150	630-3150
Номінальний струм вимкнення	кА	40	20; 31,5; 40
Струм електродинамічної стійкості	кА	102; 128	52; 80; 102
Струм термічної стійкості, 3с	кА	40	20; 31,5; 40
Повний час вимкнення, не більше	с	0,065	0,057; 0,065
Власний час увімкнення, не більше	с	0,12	0,09; 0,12
Власний час вимкнення, не більше	с	0,035-0,05	0,028-0,042; 0,035-0,05
Механічний ресурс, циклів		30 000	30 000; 100 000
Комутаційний ресурс, циклів:			
- при номінальних струмах		30 000	30 000; 50 000
- при номінальних струмах вимкнення		40; 50	40; 50; 100
Міжконтактна відстань	мм	310	275; 310
Міжполюсна відстань	мм	200; 230	200; 210; 230
Габаритні розміри:	мм		
- ширина		560; 620	560; 588; 620
- глибина		435	430; 435; 445;
- висота		611; 674	564; 552; 611
Маса, не більше	кг	166-196	104-178

Залежно від номінальних параметрів серія вакуумних вимикачів **ВРС** налічує більше трьох десятків типовиконань, які відрізняються:

- габаритними (clearance) розмірами рами (для міжполюсних відстаней 200; 210 і 230 мм);
- типом полюса (залежить від параметрів використаної вакуумної камери і мають міжконтактні відстані 275 і 310 мм);
- наявністю опор полюсів (для вимикачів розрахованих на струм електродинамічної стійкості 128 кА);
- типом і потужністю уніфікованого електромагнітного привода.

Перевагами вимикачів серії **ВРС** є такі: висока надійність, високий механічний ресурс, високий комутаційний ресурс при номінальних струмах і номінальних струмах вимикання, полюси і привод вимикачів не потребують обслуговування протягом всього терміну експлуатації, тривалий гарантійний термін експлуатації.

Порівняльний аналіз характеристик вимикачів серії **ВРС** напругою 6 та 10 кВ наведений в таблиці 3.1. Технічні характеристики усіх типів вимикачів серії **ВРС** наведено в додатку А.

3.1.3 Вимикачі зовнішнього встановлення серії ВР35НС напругою 35 кВ

Вимикач вакуумний зовнішнього встановлення серії **ВР35НС** призначений для комутації електричних кіл трифазного змінного струму з частотою 50 або 60 Гц в нормальних і аварійних режимах в мережах з ізолюваною нейтраллю. Вимикачі можуть встановлюватися у відкритих і

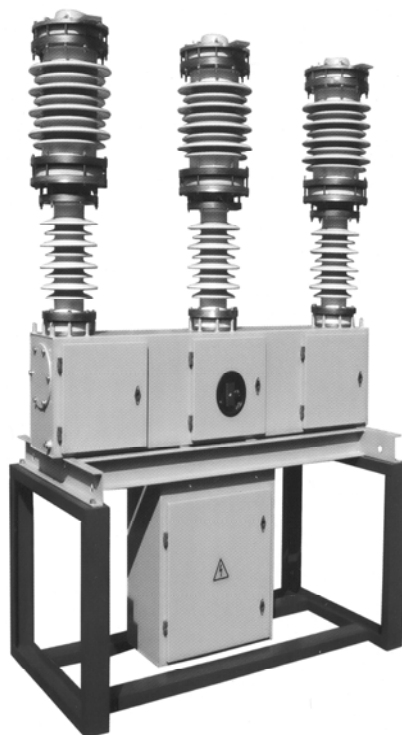


Рисунок 3.6 – Вимикач вакуумний зовнішнього встановлення **ВР35НС**

закритих розподільних установках напругою 35 кВ. Загальний вигляд вимикача наведено на рис.3.6, а технічні характеристики в табл. 3.2.

Вимикачі **ВР35НС** застосовується у відкритих розподільних установках 35 кВ комплектних трансформаторних підстанцій КТПБР-110/35/10(6), КТПБР-М-35/10(6), а також для заміни повітряних і оливових вимикачів на діючих підстанціях, які відпрацювали свій ресурс. Вимикачі можуть поставлятися на експорт в країни з помірним і тропічним кліматом.

Переваги:

- в полюсах не використовується трансформаторна олива для ізоляції вакуумних камер;
- універсальний електромагнітний привод, на основі принципу двопозиційної «електромагнітної зачіпки»;
- високий механічний і комутаційний ресурс;
- можливість ручного вимкнення і ручного неоперативного увімкнення;
- працює на змінному і постійному оперативному струмі.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики вимикача **ВР35НС**

Номінальна напруга	кВ	35
Найбільша робоча напруга	кВ	40,5
Номінальний струм	А	1600
Номінальний струм вимкнення	кА	20
Струм електродинамічної стійкості	кА	52
Струм термічної стійкості, 3с	кА	20
Повний час вимкнення, не більше	с	0,065
Власний час вмикання, не більше	с	0,1
Власний час вимкнення, не більше	с	0,035-0,050
Механічний ресурс, циклів		30 000
Комутаційний ресурс, циклів:		
- при номінальних струмах		30 000
- при номінальних струмах вимкнення		50
Габаритні розміри:	мм	
- ширина		2050
- глибина		920
- висота		2526
Маса, не більше	кг	750

3.1.4 Генераторні вакуумні вимикачі серії ВГГ-10 напругою 10 кВ

У 2006 році технічними службами концерну „Високовольтний союз” були розроблені і запущені в серійне виробництво вакуумні генераторні (generator) вимикачі серії **ВГГ-10**, оснащені електромагнітним приводом. Вимикачі призначені для заміни малооливних вимикачів **МГГ-10**, що знаходяться в експлуатації, а також для встановлення в нових розподільних установках середньої напруги. Основні переваги **ВГГ-10** - високий ресурс (механічний ресурс - 10000 циклів, комутаційний ресурс при номінальному струмі - 10000 циклів, при номінальному струмі вимкнення - 30 циклів). Загальний вигляд вимикача наведено на рис. 3.7.

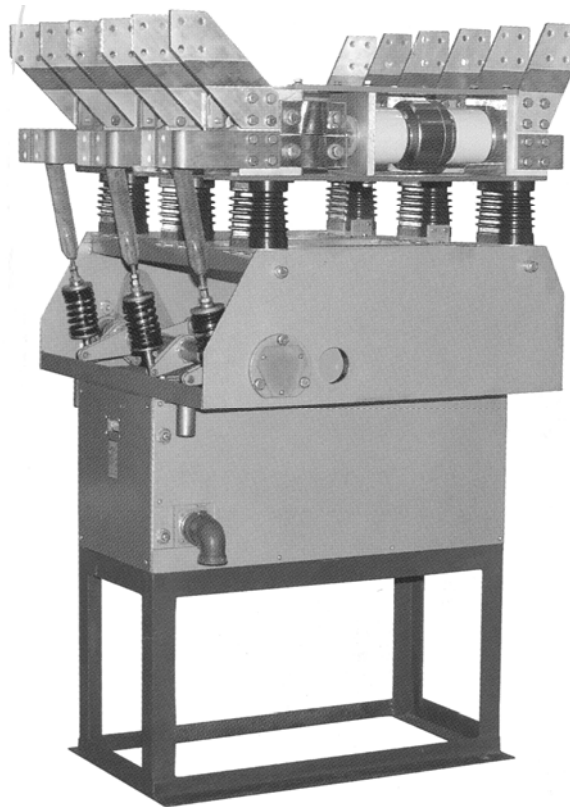


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд генераторного вакуумного вимикача серії ВГГ-10

Вакуумні вимикачі серії **ВГГ-10** відповідають технічним умовам ТУ3414-014-05755513-2005 і ГОСТ 687-78. Призначені вимикачі для виконання комутаційних операцій в нормальних і аварійних режимах роботи в трифазних колах змінного струму напругою 10 кВ, частотою 50 Гц.

Основні переваги вимикача **ВГГ-10** в порівнянні з **МГГ-10**:

- механічний ресурс - 10000 циклів вимкнення (В);
- комутаційний ресурс:

- при номінальному струмі 4000 А - 10000 циклів В;
- при номінальному струмі 5000 А - 6000 циклів В;
- при номінальному струмі вимкнення - 30 циклів В;
- значне скорочення об'єму робіт при обслуговуванні вимикача в експлуатації;
- відсутність викиду газів, оливи при виконанні операцій вимикання;
- зниження маси вимикача і струмів споживання привода.

Основні технічні параметри вакуумного генераторного вимикача серії **ВГГ-10** наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3-Технічні характеристики генераторного вимикача **ВГГ-10**

Найменування параметра	Норма
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	4000; 5000
Номінальний струм вимкнення, кА	63
Параметри наскрізного струму короткого замикання:	
- найбільший пік (струм електродинамічної стійкості), кА	161
- початкове значення періодично складової, кА	63
- середньоквадратичне значення струму (струм термічної стійкості) за час 3 с, кА	63
Власний час вимкнення, с, не більш	0,05
Власний час увімкнення, с, не більш	0,08
Струм споживання електромагнітів, А	
- вмикальний електромагніт УА2, 220 В	200
- вимикальний електромагніт УА1, 110/220 В	4/2
Маса вимикача, кг, не більше	
- без підставки:	
- номінальний струм 4000, А	320
- номінальний струм 5000, А	350
- з підставкою:	
- номінальний струм 4000, А	350
- номінальний струм 5000, А	380
Маса шафи керування, кг, не більше	40

У частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища вимикач відповідає виконанню У, категорії 3, згідно з ГОСТом 15543.1-89 і призначений для експлуатації за умов:

- 1) висота встановлення над рівнем моря до 1000 м;
- 2) верхнє робоче і ефективне значення температури навколишнього повітря + 45°C;
- 3) нижнє значення температури навколишнього повітря - 25°C;
- 4) середнє значення відносної вологості 80% при температурі +20°C;
- 5) навколишнє середовище вибухо- і пожежобезпечне, з вмістом корозійних агентів в атмосфері за типом II ГОСТ 15150-69.

Вимикач призначений для роботи в операціях "В" і "У" і в циклах В-0,3с-УВ-180с-УВ; В-0,3с-УВ-20с-УВ; В-180с-УВ-180с-УВ.

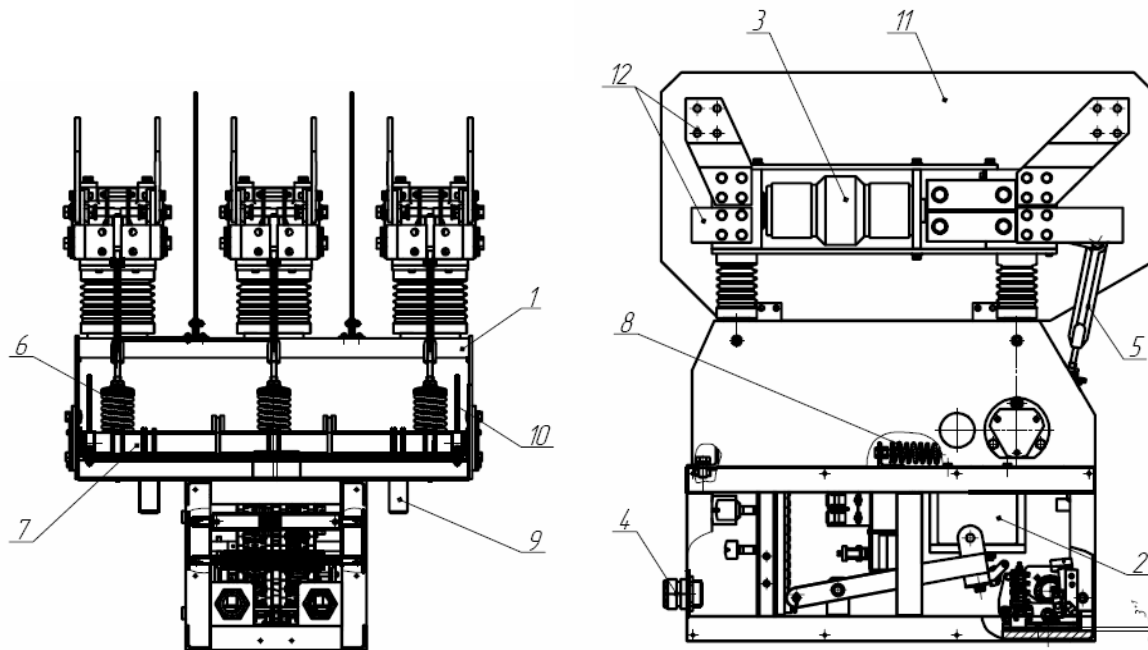


Рисунок 3.8 – Конструкція генераторного вакуумного вимикача **ВГГ-10**: 1 - рама; 2 - електромагнітний привод; 3 - полюс; 4 - кабельний ввід; 5 - ізоляційна тяга; 6 – пружинний механізм ; 7 - вал вимикача; 8 - вимикальна пружина; 9 - буфер; 10 - покажчик; 11 - ізоляційна перегородка; 12 - шини

Вимикач **ВГГ-10** - це комутаційний апарат, три полюси 3 якого встановлені на загальній рамі 1 (рис.3.8). Вимикач керується електромагнітним приводом 2. Усередині рами вимикача розташовані: дві вимикальні пружини 8, два оливних буфера 9, вал вимикача. На валу передбачено два механічні покажчики 10 положень вимикача. На рамі встановлені ізоляційні перегородки 11 для забезпечення необхідної електричної міцності між полюсами. Струмоведучі шини приєднуються до струмоводів 12.

Полюс вимикача (рис. 3.9) встановлений на опорні ізолятори 1. Дугогасильна камера 2 закріплена на струмоведучому кронштейні 3 і розташована горизонтально. Знімання струму з рухомого контакту

здійснюється чотирма гнучкими зв'язками 5. Рухомий контакт приводиться в рух за допомогою вала вимикача 7 (рис. 3.8) через ізоляційну тягу 5 і пружинний механізм 6. Пружинний механізм забезпечує необхідне підтискання контактів дугогасильної камери у всіх режимах роботи впродовж всього періоду експлуатації вимикача. Додаткове регулювання контактних пружин не потрібне.

Привід вимикача (рис. 3.10) містить електромагніт увімкнення 1, блок крування 2, що утримує вимикач в увімкненому положенні, механізм 10 для передачі руху від електромагніту 1 до тяги 5 (рис. 3.8), блок-контакти 3 керування приводом, сигнальні блок-контакти 4, контактор 7, реле блокування "проти дрижання" 8. Механізм 10 утворений парою важелів 11, розташованих на загальному валу 12 з можливістю їх взаємного обертання. Важелі 11 з'єднані з траверсою 5, забезпеченою заціпкою, яка пов'язана зі штоком електромагніту 1.

Конструкція шафи керування (рис. 3.11) забезпечує хороший доступ і зручність обслуговування вторинних кіл керування. У шафу входять електричний лічильник позицій 1, сигнальні лампи 2 і 3, перемикачі 4 і 5, кабельні вводи 6.

Одержавши позитивний досвід експлуатації даного апарата на багатьох об'єктах в Росії і країнах СНД, концерн зробив черговий крок на шляху розширення технічних рішень. Було розроблено нову серію вакуумних дугогасильних камер та вимикач серії **ВГГм-10**. Однією з переваг нової серії вимикачів стали мінімальні в своєму класі параметри споживання оперативного струму. Розробка вимикача **ВГГм-10** проходила з урахуванням всіх вимог, що висуваються до даного апарата з боку кінцевого замовника.

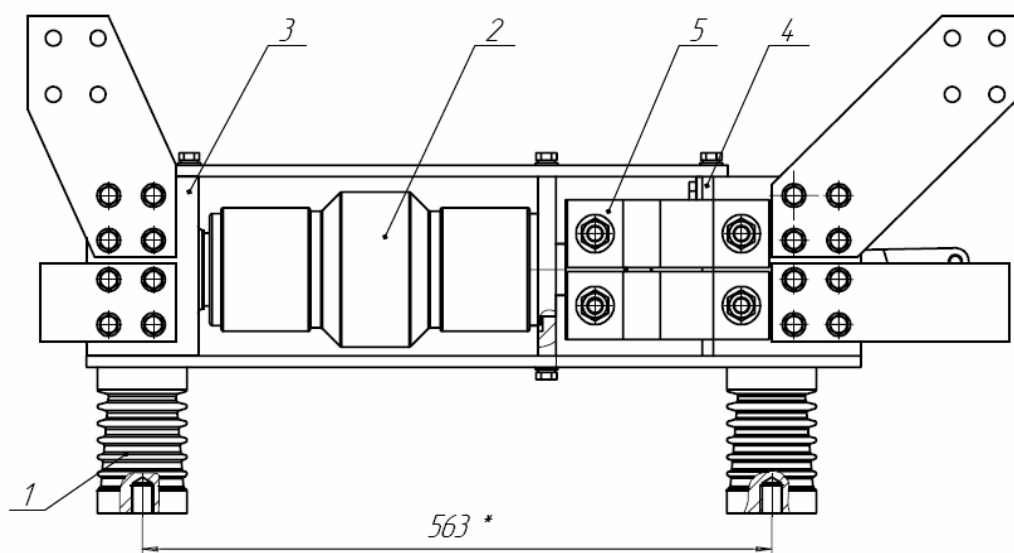


Рисунок 3.9 – Конструкція полюса вимикача **ВГГ-10**:
1 - опорний ізолятор; 2 - вакуумна камера; 3, 4 - струмознімальні кронштейни; 5 - гнучкий зв'язок

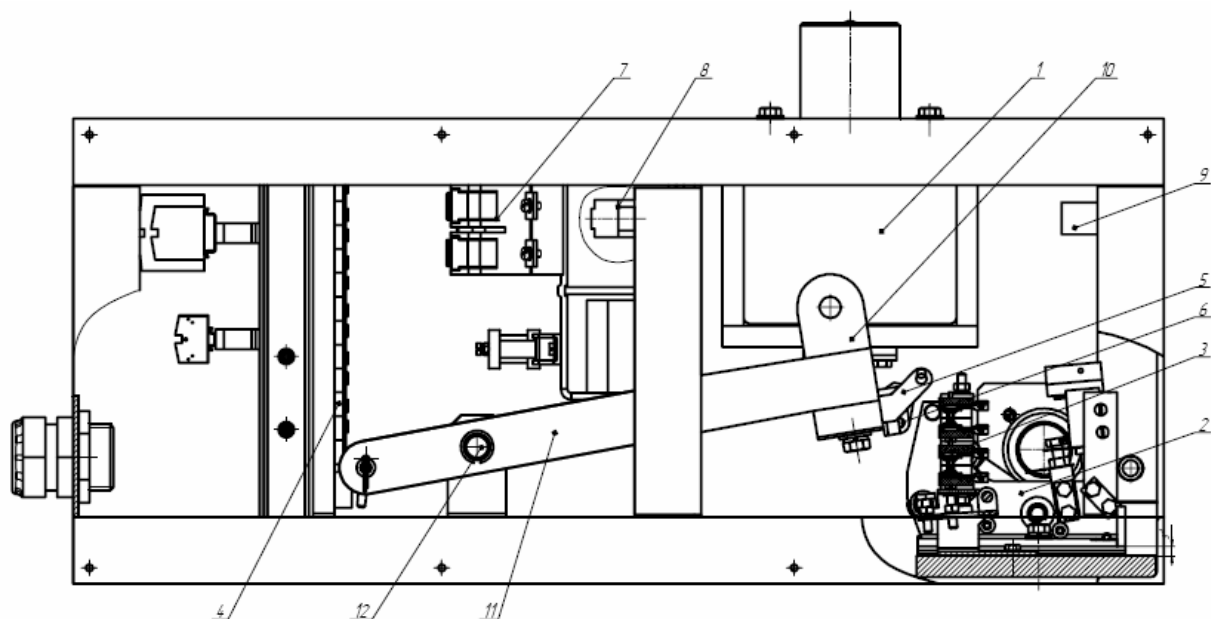


Рисунок 3.10 – Електромагнітний привід вимикача **ВГГ-10**:

1 - електромагніт увімкнення; 2 – блок керування; 3 - блок-контакти керування приводом; 4 - сигнальні блок-контакти; 5 - траверси; 6 - защіпка; 7 - контактор; 8 - реле блокування "проти дрижання"; 9 - лічильник; 10 - механізм; 11 - важелі; 12 - вал

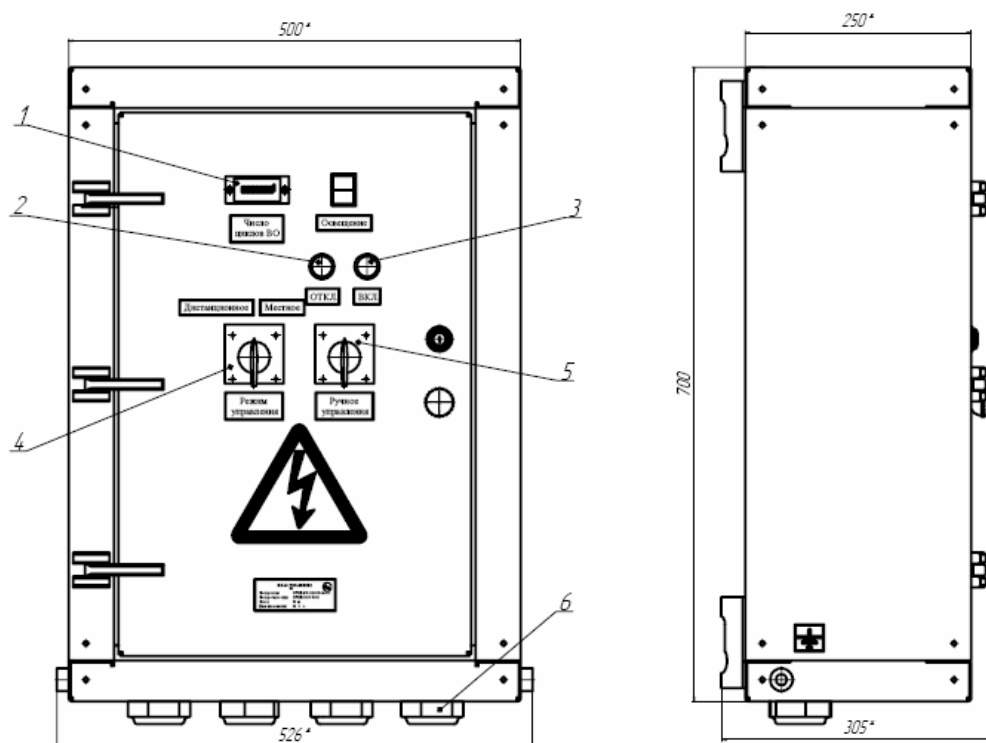


Рисунок 3.11 – Шафа керування приводом **ВГГ-10**:

1- лічильник; 2, 3 - сигнальні лампи; 4 - перемикач режиму керування; 5 - перемикач ручного керування; 6 - пластикові кабельні вводи

У грудні 2008 року в Науково-дослідному центрі з випробування високовольтної апаратури (НИЦ ВВА) в Бескудниково (м. Москва) закінчені сертифікаційні випробування вакуумного генераторного вимикача **ВГГм-10**. Вже на початку 2009 року перша партія комутаційних апаратів цього типу була введена в експлуатацію.

Вакуумний генераторний вимикач типу **ВГГм-10** призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц з номінальною напругою 10кВ. Вимикач розрахований на номінальний струм 4000, 5000 А, номінальний струм вимкнення 63 кА. Вимикач оснащений пружинним приводом, що має ресурс 10 000 циклів.

3.2 Вакуумні вимикачі ВВ/TEL Севастопольського заводу „Таврида Електрик”

Вакуумні вимикачі **ВВ/TEL** Севастопольського заводу «Таврида Електрик» призначені для роботи в комплектних розподільних установках (КРУ) і камерах стаціонарних одностороннього обслуговування (КСО) внутрішнього і зовнішнього встановлення класу напруги до 10 кВ трифазного змінного струму 50 Гц для систем з ізолюваною і заземленою нейтраллю.

На відміну від більшості існуючих вакуумних вимикачів, в основу пристрою ВВ/TEL закладений принцип роздільного керування контактами вакуумних дугогасильних камер фаз. Даний принцип дозволив істотно зменшити кількість рухомих частин привода. Вакуумні дугогасильні камери встановлені усередині порожнистих опорних ізоляторів, закріплених на загальній підставі. Рухомі контакти дугогасильних камер жорстко з'єднані зі своїми приводами за допомогою ізоляційної тяги, яка також розташовується усередині опорних ізоляторів. Таким чином, всі елементи конструкції полюса мають загальну вісь симетрії, уздовж якої здійснюють поворотно-поступальну ходу деталі механізму. Це дозволяє істотно спростити кінематичну схему **ВВ/TEL**, відмовитися від застосування навантажених шарнірних ланок і важелів, що, у свою чергу, робить можливим створення комутаційного апарата з високим механічним ресурсом, що не потребує обслуговування і регулювання протягом всього терміну служби. Приводи фаз розташовуються усередині підстави вимикача. Вони механічно з'єднані між собою за допомогою загального вала, який виконує такі функції:

- забезпечує синхронізацію фаз, оберігаючи від неповнофазних режимів роботи;
- приводить в дію допоміжні контакти вимикача;
- забезпечує механічне блокування роботи розподільної установки, в який встановлений вимикач ВВ/TEL;
- керує (control) візуальними індикаторами положення **ВВ/TEL**.

Вимикачі **ВВ/TEL-10** є комутаційними апаратами нового покоління. В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання пофазних електромагнітних приводів з "магнітною защіпкою", механічно зв'язаних загальним валом. Така конструкція дозволила досягти певних переваг у порівнянні з традиційними вакуумними вимикачами:

- високий механічний ресурс;
- мале споживання в колах увімкнення і вимкнення;
- малі (slight) габарити і маса;
- можливість керування як в колах оперативного постійного, так і оперативного змінного струму (за допомогою відповідних блоків керування);
- відсутність необхідності ремонтів в експлуатаційних умовах протягом усього терміну служби;
- низька трудомісткість виробництва і, як наслідок, помірна ціна.

Сьогодні принцип фіксації рухомих контактів в увімкненому положенні за допомогою постійного магніту став активно використовуватися в конструкціях нових вимикачів фірм ЗАТ "Рівне – Електрик", АВВ, Holec, Alsthom, Whipp & Bourne, Cooper. Вакуумні вимикачі **ВВ/TEL** мають сертифікати відповідно до стандарту міжнародної електротехнічної комісії МЕК 56, російський сертифікат відповідності ДЕСТ 687-78 і український сертифікат відповідності ДЕСТ 687-78.

3.2.1 Особливості комутації дуги в камерах ВВ/ TEL

У момент розмикання контактів у вакуумному проміжку струм комутації ініціює виникнення електричного розряду, який називають "вакуумною дугою". Існування вакуумної дуги підтримується за рахунок металу, що випаровується з поверхні контактів у вакуумний проміжок. Плазма, утворена іонізованими парами металу, є провідником струму і підтримує його протікання між контактами до моменту переходу струму через нуль. У цей момент дуга гасне, а пари металу, що залишилися, миттєво (за 7-10 мікросекунд) конденсуються на поверхні контактів і інших деталей дугогасильної камери, відновлюючи електричну міцність вакуумного проміжку. В цей же час на розведених контактах відновлюється прикладена до них напруга. Якщо при відновленні напруги на поверхні контакту (як правило, анода) залишаються перегріті ділянки, вони можуть служити джерелом емісії заряджених частинок, що викликають пробій вакуумного проміжку, з подальшим протіканням струму через нього. Для уникнення подібних відмов необхідно керувати вакуумною дугою, рівномірно розподіляючи тепловий потік по всій поверхні контактів.

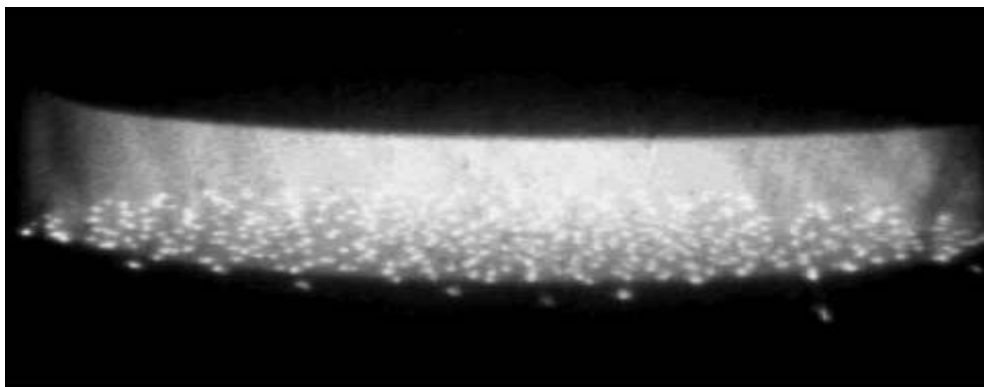


Рисунок 3.7 - Процес горіння дуги у вакуумній камері **BB/TEL**

Найбільш ефективним способом керування дугою є накладення на неї поздовжнього (співнаправленого з напрямом струму) магнітного поля, яке індукується самим струмом. Даний спосіб застосований у вакуумних дугогасильних камерах, які розроблені підприємством "Таврида Електрик". Ця конструкція має явні переваги: висока вимикальна здатність, мінімальні габарити і вага, мала величина струму зрізу (4-5 А), що обмежує комутаційні перенапруги до безпечних величин. Поздовжнє магнітне поле мінімізує комутаційне зношування контактів (ерозію) і забезпечує значний комутаційний ресурс. Поздовжнє магнітне поле рівномірно розподіляє вакуумну дугу по поверхні контактів (рис. 3.7), що запобігає їх перегріванню

Загальний вигляд дугогасильних камер вимикачів серії **BB/TEL** наведено на рис. 3.8



Рисунок 3.8 - Загальний вигляд дугогасильних камер вакуумних вимикачів **BB/TEL**

Осцилограми роботи привода вимикача **ВВ/TEL**, а саме - динаміка зміни швидкості якоря, його переміщення, положення контактів та параметри зміни струму у котушці, наведено на рисунку 3.9. Залежність комутаційного ресурсу вимикачів в процесі комутації від величини струму, що вимикається, подано на рис. 3.10.

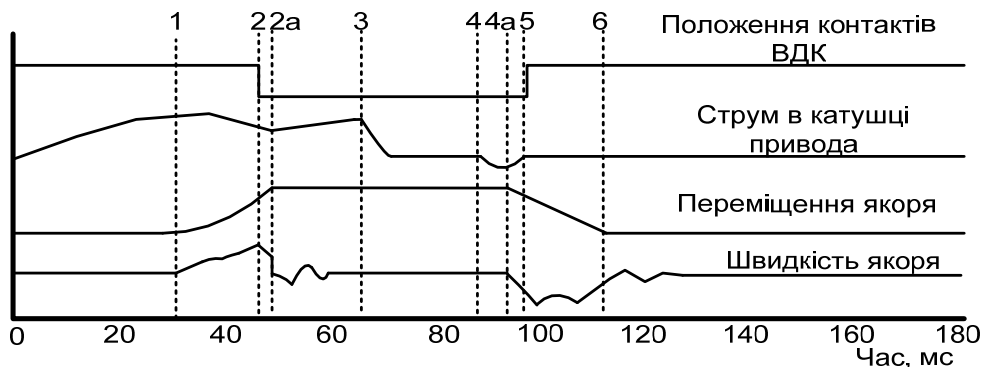


Рисунок 3.9 - Осцилограми роботи привода вимикача ВВ/TEL

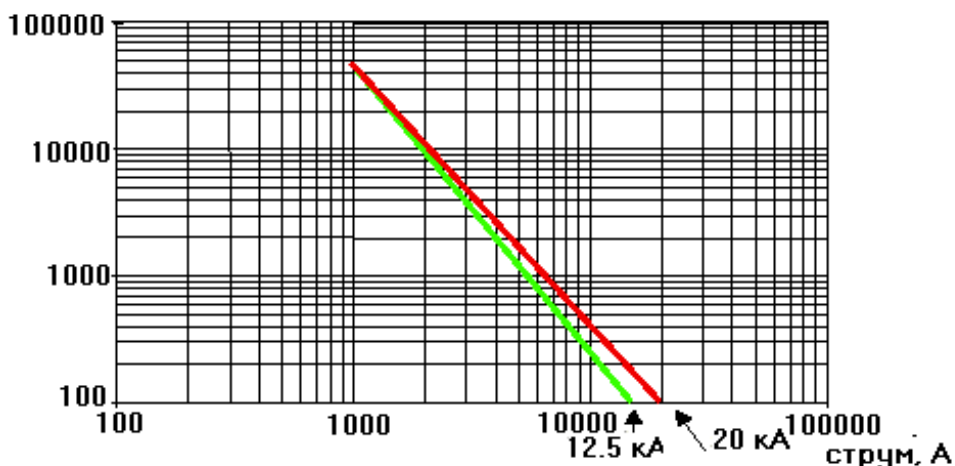


Рисунок 3.10 - Комутаційний ресурс вакуумних вимикачів ВВ/TEL X-12,5/1000 і ВВ/TEL X-20/1000

Типові осцилограми вимкнення змінного струму у вакуумі, а саме - характеристики вимикача, ходу контактів, концентрації іонізованих парів металу у міжконтактному проміжку та перепади напруг наведено на рис. 3.11.

У момент часу t_1 (рис. 3.11) починається розходження контактів вакуумної дугогасильної камери у міжконтактному проміжку загоряється електрична дуга. Спад напруги на дузі надзвичайно малий і звичайно не перевищує 30 В. У момент t_2 переходу струму через природний нуль міжконтактний проміжок заповнений іонізованими парами металу, що утворилися протягом горіння дуги на інтервалі $t_1 - t_2$. У силу відсутності середовища, що перешкоджає розльоту парів металу, їх вихід із дугового

проміжку здійснюється за надзвичайно малий час $\sim 10^{-5}$ с, після чого вакуумний вимикач готовий витримати відновлювальну напругу. Оскільки електрична міцність вакуумного проміжку надзвичайно висока (~ 30 кВ/мм), вимкнення гарантовано відбувається при зазорах не набагато більших за 1 мм.

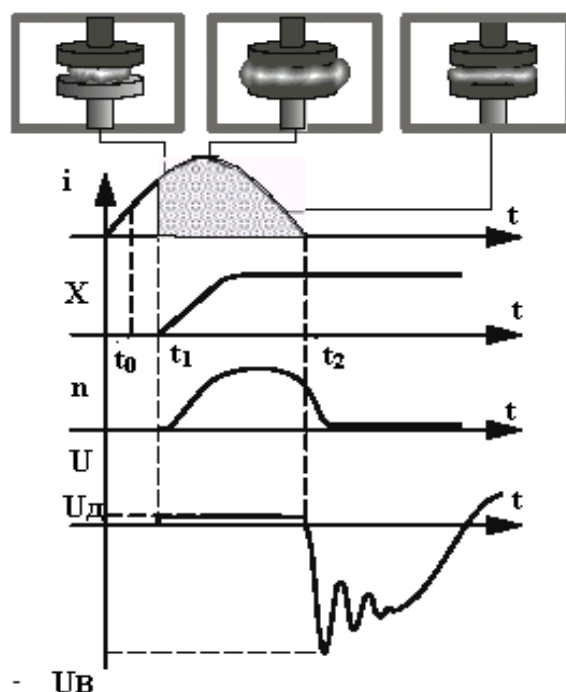


Рисунок 3.11 – Типові осцилограми вимкнення змінного струму у камері BB/TEL:

i - струм, що вимикається, X - хід контактів, n - концентрація іонізованих парів металу у міжконтактному проміжку, U - напруга на проміжку, U_d - напруга на дузі, U_B - відновлювальна напруга, t_0 - момент подачі команди на вимкнення

3.2.2 Особливості конструкції та принцип роботи вакуумних вимикачів BB/TEL

За стійкістю до впливу механічних зовнішніх факторів вимикачі **BB/TEL** відповідають групі механічного виконання М7 за ДЕСТ 17516.1-90. При цьому вимикач роботоздатний при впливі синусоїдальної вібрації в діапазоні частот $0,5 \div 100$ Гц із максимальною амплітудою прискорення 10 м/с^2 (1g) і багаторазових ударів із прискоренням 30 м/с^2 (3g).

Кліматичне виконання і категорія розміщення - **У2** за ДЕСТ1550. Умови експлуатації вимикачів BB/TEL такі:

- найбільша висота над рівнем моря до 3000 м;

- верхнє робоче значення температури навколишнього повітря в КРУ (КСО) приймають рівним $+55^{\circ}\text{C}$, ефективне значення температури навколишнього повітря КРУ і КСО - $+40^{\circ}\text{C}$;

- нижнє робоче значення температури навколишнього повітря - мінус 40°C ;

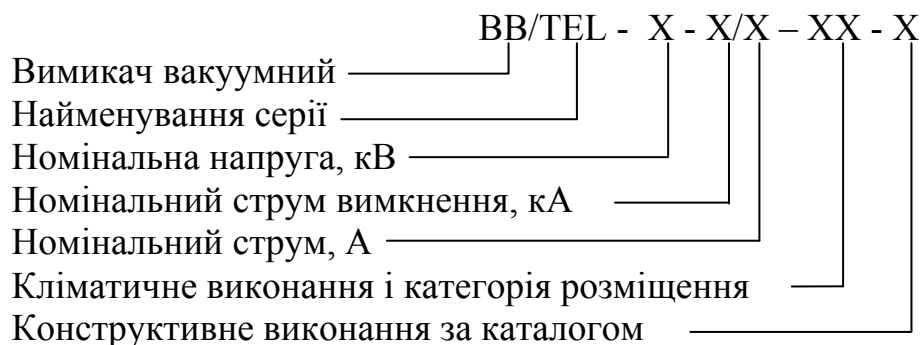
- верхнє значення відносної вологості (humidity) повітря 100% при $+25^{\circ}\text{C}$;

- навколишнє середовище невибухонебезпечне, що не має у своєму складі газів і парів шкідливих для ізоляції, не насичене струмопровідним пилом у концентраціях, що знижує параметри вимикача;

- робоче положення в просторі – будь-яке довільне.

Вимикачі призначені для роботи в операціях „В” і „У” і в циклах В – 0,3с – УВ – 15с – УВ; В – 0,3с – УВ – 180с – УВ.

Структура умовного позначення вакуумних вимикачів серії **ВВ/TEL** така:



Приклад запису позначення вимикача напругою 10 кВ із номінальним струмом вимкнення 12,5 кА, номінальним струмом 630 А, кліматичного виконання У2 такий:

ВВ/TEL -10-12,5/630-У2.

Вимикач ВВ/TEL складається з трьох полюсів з вбудованими електромагнітними приводами з магнітною заціпкою, розміщеними у загальній основі. Для керування вимикачами застосовуються блоки керування серії ВU/TEL. Загальний вигляд вимикача та переріз полюса наведено на рисунках 3.12 та 3.13.

Якотя електромагнітів керування механічно з'єднані загальним валом, на якому встановлені постійні магніти, що керують при повороті вала герметизованими контактами зовнішніх допоміжних кіл. Контакти для зовнішніх допоміжних кіл встановлені на двох монтажних платах, розташованих між полюсами вимикача. Кожна плата має по дві дублювальні клемні колодки фірми WAGO, що виходять на протилежні сторони основи вимикача. Конструктивні виконання вимикачів ВВ/TEL дозволяють з мінімальними витратами провести заміну оливних вимикачів в комірках КРУ на вакуумні.

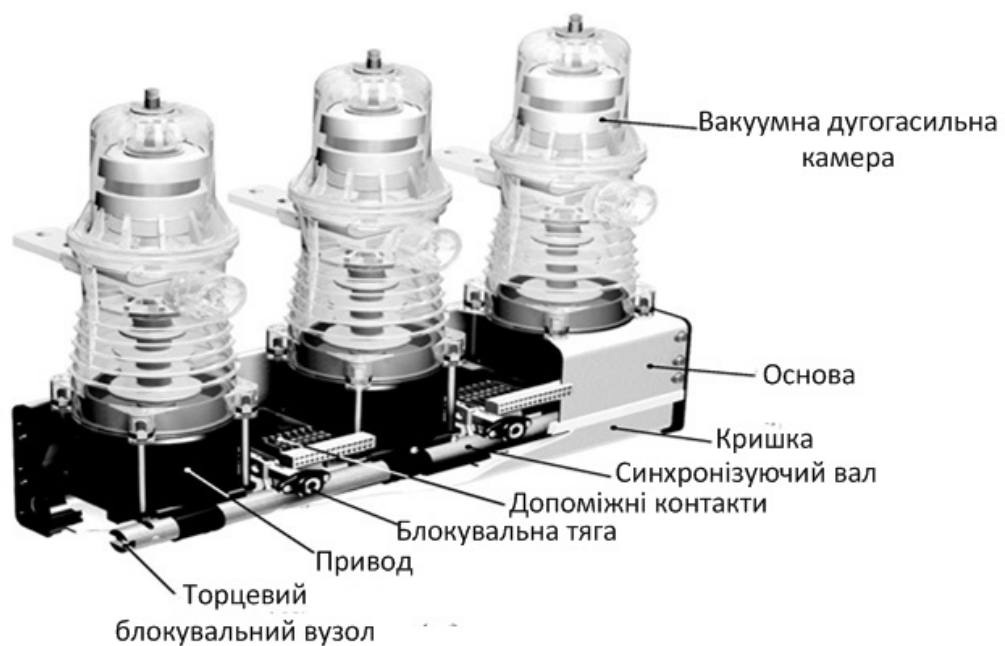


Рисунок 3.12 – Загальний вигляд вимикача BB/TEL

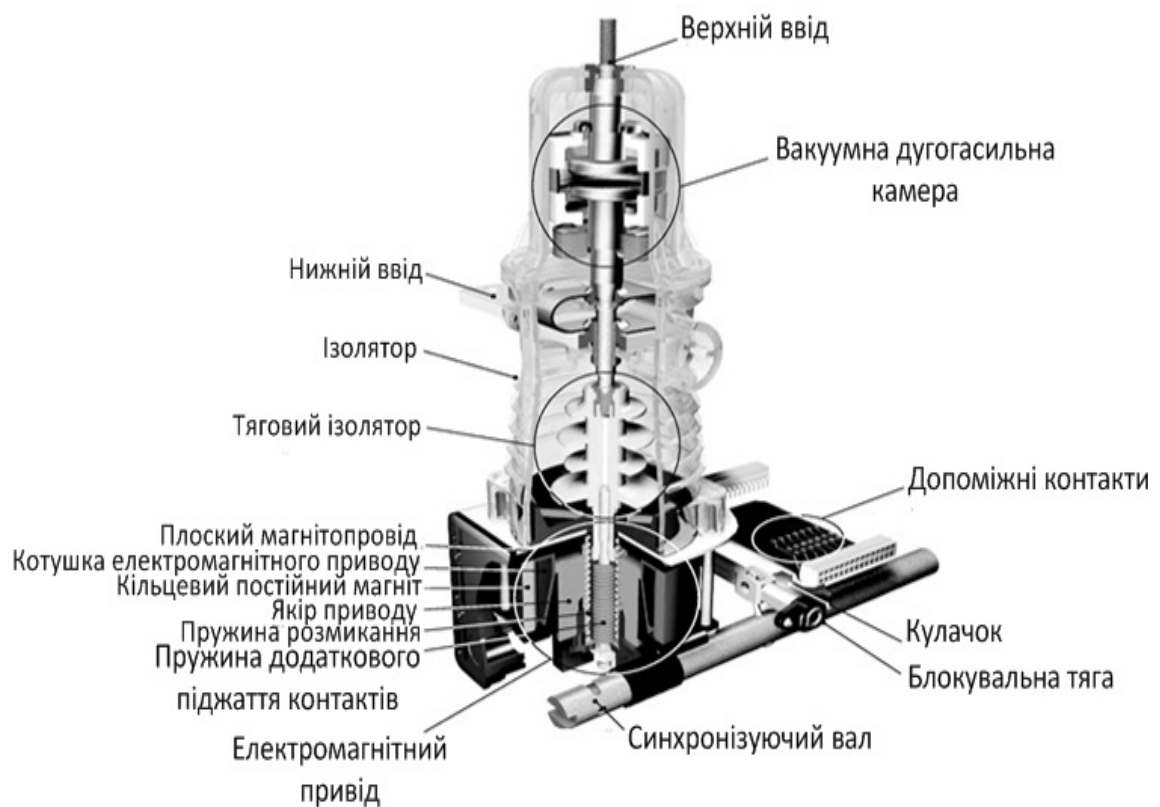


Рисунок 3.13 – Переріз полюса вимикача BB/TEL

Конструкцію полюса вимикача наведено на рис. 3.14. Процес увімкнення розглянемо на прикладі графіків, наведених на рис. 3.15. При вмиканні контакти вакуумної дугогасильної камери розімкнено за рахунок впливу пружини 9 через тяговий ізолятор 5 (рис. 3.14). При прикладанні на контактну систему напруги позитивної полярності до котушки 10 електромагніта у зазорі магнітної системи зростає магнітний потік. В

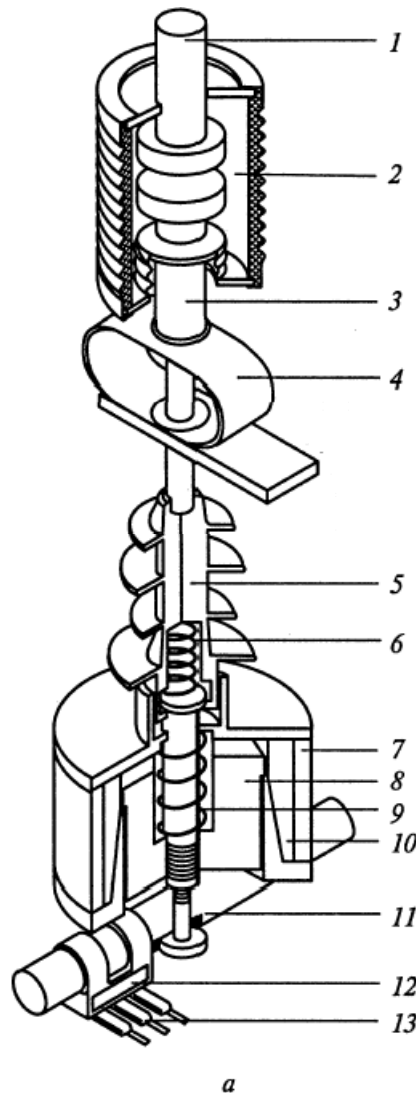


Рисунок 3.14 – Конструкція полюса вимикача ВВ/TEL:

1 – нерухомий контакт; 2 – вакуумна дугогасильна камера; 3 – рухомий контакт; 4 – гнучкий струмознімач; 5 – тяговий ізолятор; 6 – пружина підтискання; ; 7 – кільцевий магніт; 8 – ярма; 9 – вимикальна пружина; 10 – котушка; 11 – вал; 12 – постійний магніт; 13 - геркони (контакти для зовнішніх допоміжних ланцюгів)

момент, коли сила тяги ярма, що створюється магнітним потоком, перевищує зусилля пружини вимкнення 9 (лінія 1 рис. 3.15), ярма 8

електромагніту разом з тяговим ізолятором 5 і рухомим контактом 3 вакуумної камери починає рухатись вгору, стискаючи пружину вимкнення 6. При цьому в котушці виникає рухова проти-ЕРС, яка перешкоджає подальшому зростанню струму і навіть трохи зменшує його. У процесі руху (проміжок між лініями 1 і 2) якір набирає швидкості близько 1 м/с, що дозволяє знизити імовірність пробоїв при увімкненні і вимкненні та дрижання контактів ВДК. При замиканні контактів вакуумної камери (лінія 2 рис. 3.15) у магнітній системі залишається зазор додаткового підтискання, що дорівнює 2 мм. Швидкість руху якоря різко падає, тому що йому потрібно подолати ще і зусилля пружини додаткового контактного натиску 6. Але під впливом зусилля, створюваного магнітним потоком і інерцією, якір 8 продовжує рухатись вгору, стискаючи пружину вимкнення 9 і пружину 6 додаткового контактного натиску. У момент замикання магнітної системи (лінія 2а рис. 3.15) якір стикається з верхньою кришкою привода і зупиняється. Рухова ЕРС стає рівною нулю, у котушці 10 знову починає зростати струм. У проміжок часу між лініями 2а і 3 закінчується механічний перехідний процес в електромагніті і контактній системі полюса, а також формується необхідна залишкова індукція кільцевого постійного магніту 7 (запасується магнітна енергія, необхідна для утримання вимикача в увімкненому стані). Після закінчення

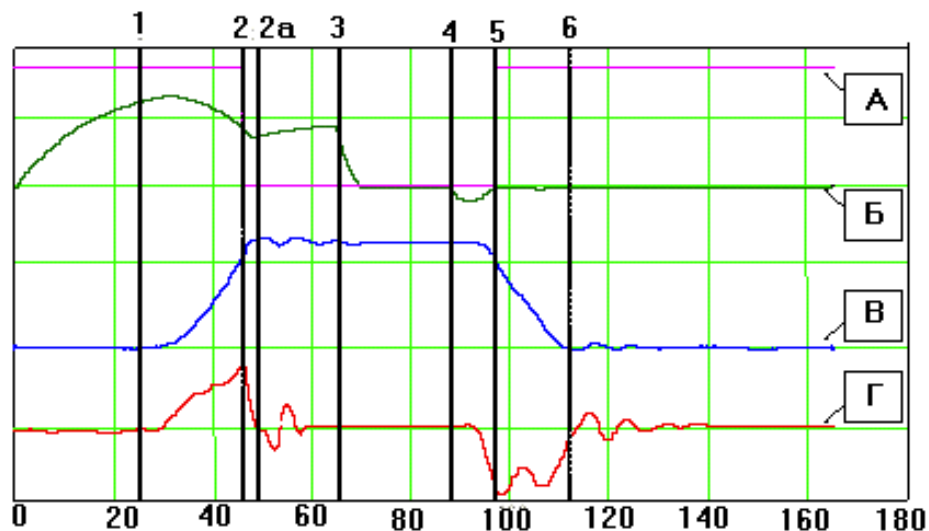


Рисунок 3.15 - Процес увімкнення вимикача

А - стан головних контактів полюса, Б - струм котушки привода полюса, В - переміщення якоря привода, Г - швидкість руху якоря

процесу вмикання (лінія 3 рис. 3.15) струм котушки привода вимикається.

Вимикач залишається в увімкненому положенні за рахунок залишкової індукції, створюваної кільцевим постійним магнітом 7, що утримує якір 8 у притягнутому до верхньої кришки положенні без додаткового струмового підживлення. У такому положенні якір залишається необмежено довго, поки постійний магніт не буде

розмагнічений імпульсом струму негативної полярності або магнітна система не буде розірвана механічно (ручне вимкнення).

Даний принцип утримання контактної системи вимикача в увімкненому положенні відомий в електротехніці як „магнітна защіпка” широко застосовується в слабкострумівих апаратах (поляризовані реле). Сучасні досягнення в галузі магнітотвердих матеріалів великих енергій дозволили реалізувати на цьому ж принципі силовий комутаційний апарат.

Запас зусилля утримання (сила, необхідна для відриву якоря 8 від верхньої кришки) складає 450-500 Н для одного полюса вимикача, тобто 1350-1500 Н для вимикача в цілому, що цілком достатньо для надійного утримання контактної системи вимикача в увімкненому положенні навіть в умовах впливу на вимикач вібрацій і ударних навантажень.

При вимиканні вимикача необхідно прикласти до виводів котушки напругу негативної полярності (лінія 4 рис. 3.15). Струм, який протікає по обмотці, розмагнічує магніт 7. Якір 8 електромагніту під тиском пружини (spring) вимкнення 9 і пружини додаткового контактного натиску 6 розганяється і завдає удару по тяговому ізоляторі 5, з'єднаному з рухомим контактом 3 вакуумної камери (лінія 5 рис. 3.15). Ударне зусилля, створюване якорем електромагніту перевищує 200 Н, що сприяє розриву точок зварювання, які можуть виникати між контактами при проходженні струмів короткого замикання. Крім того, рухомий контакт 3 вакуумної камери практично миттєво набуває високої стартової швидкості, що позитивно позначається на вимкненні струмів короткого замикання. Після згаданого удару якір 8 електромагніту рухається вниз разом з рухомим контактом 3 вакуумної камери і тяговим ізолятором 5 під дією пружини вимкнення (лінія 6 рис. 3.15.).

Привод з магнітною защіпкою потребує незначної енергії для процесу вимикання. При вимкненні від джерела постійної напруги час прикладення напруги звичайно обмежується величиною 10 мс. При цьому струм у колі вимкнення не перевищує 1,5 А при напрузі 220 В.

Якори електромагнітів усіх трьох полюсів вимикача з'єднані між собою загальним валом 11 (рис. 3.14). При руху якоря гвинт , що входить у проріз вала 11, повертає вал, а разом з ним і закріплений магніт 12, що керує герметизованими контактами зовнішніх допоміжних кіл 13.

Комутація команд керування здійснюється спеціальними блоками, що призначені для встановлення в релейному відсіку КРУ. Ці блоки керування типу BU/TEL комплектуються власними блоками живлення, що забезпечують вихідну напругу 230 В постійного струму (у діапазоні вхідної живильної напруги від 187 В до 242 В), яка подається на котушки електромагнітних приводів. Вхідна напруга для блоків живлення складає - 220 В постійного або змінного струму.

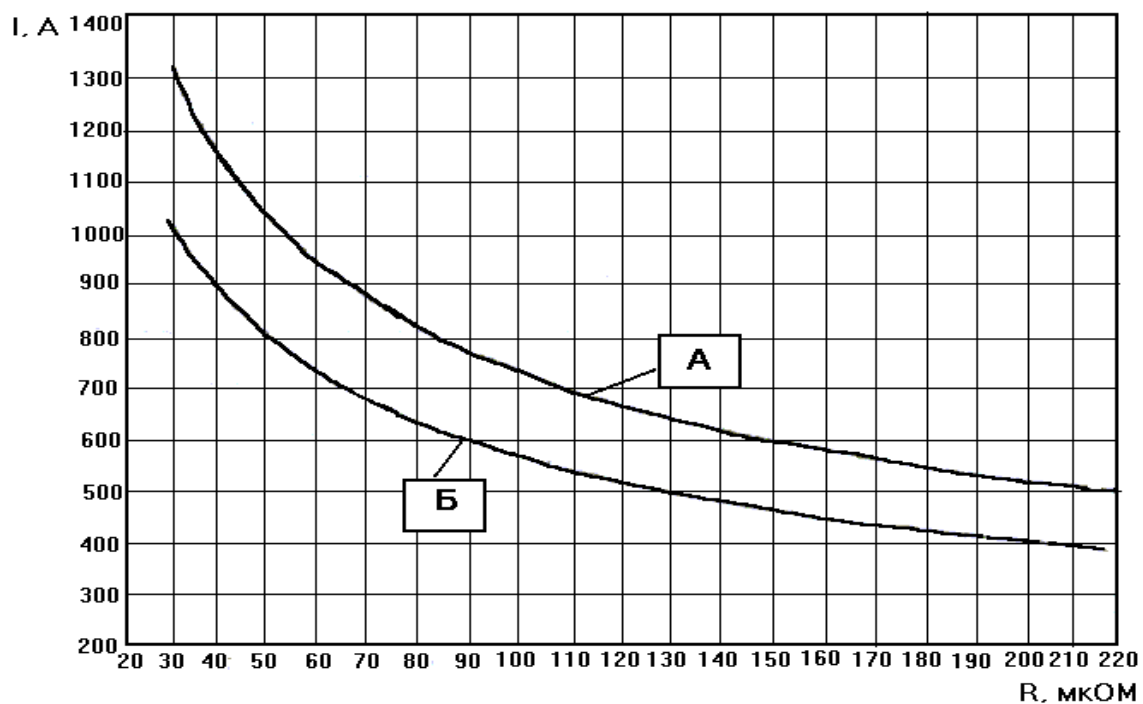


Рисунок 3.16 - Максимально допустимий струм навантаження вимикачів навантаження при заданих опорах головного кола:
 А – для ВВ/TEL з радіаторами;
 Б – для ВВ/TEL без радіаторів

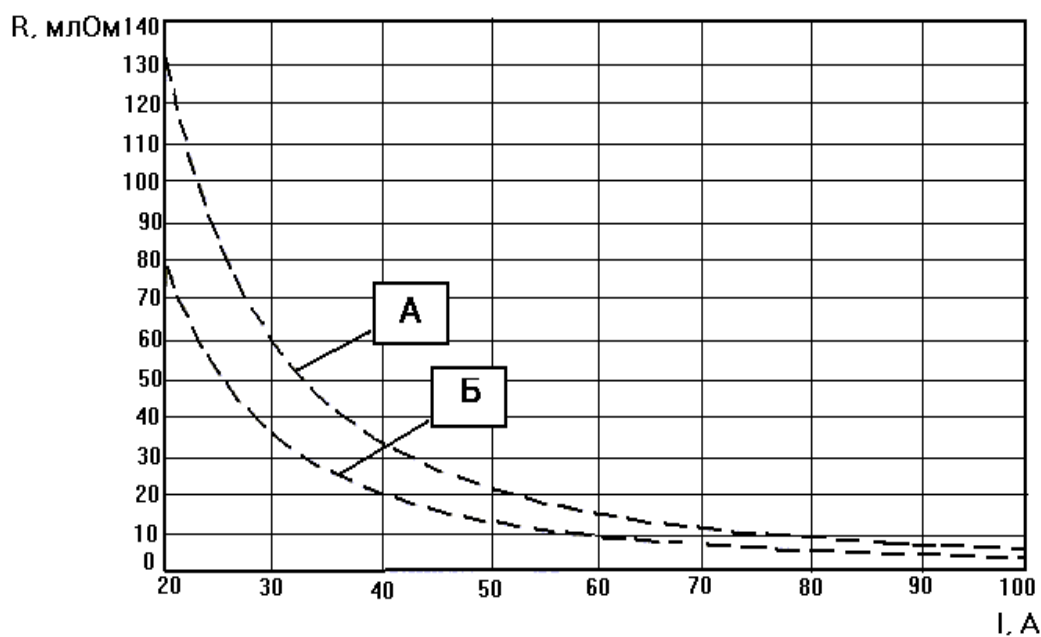


Рисунок 3.17 - Максимально допустима величина опору головного кола вимикача ВВ/TEL у залежності від струму навантаження, при струмах менше 100 А: А – для ВВ/TEL з радіаторами; Б – для ВВ/TEL без радіаторів

Конструкція вимикача не дозволяє вмикати вимикач вручну без додаткового джерела живлення котушок приводу. Спроба вмикання вимикача вручну шляхом впливу на вал або іншим чином може призвести до виходу його з ладу. Для першого увімкнення вимикача (коли на підстанції відсутнє живлення кіл оперативного струму) розроблено і випускається інвенторний блок автономного увімкнення. Ручне вимикання здійснюється шляхом механічного впливу на кнопку ручного вимикання, що, у свою чергу, впливає через вал приводу на якір електромагнітів і розриває магнітну систему. При випробовуванні ізоляції між контактами полюса вимикача допускаються пробої внутрішньої ізоляції, які згодом самоусуваються.

Максимально допустимий струм навантаження вакуумних вимикачів навантаження при даних опорах головного кола вимикача подано на рис. 3.16. Максимально припустимі значення опорів головного кола вимикача при даному струмі навантаження представлені на рис. 3.17.

Якщо величина опору головного кола вимикача перебільшить зазначені величини, вимикач повинен виводитися з експлуатації або переводитися на роботу на приєднаннях з меншим струмом навантаження. Електрична міцність ізоляції не повинна бути меншою 80% випробувальних значень, інакше вимикач також виводиться з експлуатації. При випробовуванні ізоляції вимикачів поза КРУ напругою промислової частоти 32 кВ і вище (контакти камери розімкнені) для захисту персоналу від можливого впливу рентгенівського випромінювання встановлюють захисний екран, виконаний зі сталевих листів товщиною не менше 2 мм або зі скла марки ТФ-5 товщиною не менше 12,5 мм. Екран повинен бути встановлений між обслуговуючим персоналом і вимикачем на відстані 0,5 м від вимикача.

Вакуумний вимикач не становить небезпеку для життя, здоров'я людей і навколишнього середовища після закінчення терміну служби. Порушення герметичності корпусів вакуумних дугогасильних камер, що може мати місце при утилізації, не є небезпечним для людей.

Основні технічні характеристики вимикачів ВВ/TEL різних типів виконань наведено в додатку Б, а на рис. 3.18, як приклад, показано габаритні (clearance) та встановлювальні розміри вакуумного вимикача **ВВ/TEL-10(24) -12.5/630(1000)У2**.

4 КОНСТРУКЦІЇ СУЧАСНИХ ТИПІВ ВАКУУМНИХ ВИМИКАЧІВ ЗАКОРДОННИХ ВИРОБНИКІВ

В наш час енергоринок України пропонує для експлуатації в розподільних мережах як напругою 6 – 10 кВ, так і напругою 35 – 110 кВ достатньо широкий асортимент вакуумних вимикачів як вітчизняного виробництва, так і закордонного. Особливості конструкції вимикачів „РЗВА – Електрик” (м. Рівне) та „Таврида Електрик” (м. Севастополь), розглянуто вище. Широкий асортимент продукції представлено також російськими виробниками і рядом інших закордонних фірм. Основні технічні характеристики різних типів вакуумних вимикачів закордонних виробників наведено в додатках В -Ж.

4.1 Триполюсні вакуумні вимикачі серії ВБУ напругою 10 кВ

Вакуумний вимикач виробництва компанії ЕЛВЕСТ (Росія) серії **ВБУ** напругою 10 кВ призначений для комутацій електричних кіл при нормальних і аварійних режимах частотою 50 Гц з напругою 6-10 кВ в електричних мережах трифазного змінного струму. Загальний вигляд вимикача наведено на рис. 4.1.

Конструктивною особливістю уніфікованої серії вакуумних вимикачів **ВБУ-10** є можливість:

- установлення пружинно-двигунного або електромагнітного приводу;
- компонування вимикачів із звичайним фронтальним розташуванням полюсів, розташуванням трьох полюсів і приводу в лінію, а також роздільним розміщенням вимикача і приводу на різних рівнях, наприклад, в КСО.

Основні технічні характеристики вакуумного вимикача серії ВБУ-10 наведено в таблиці 4.1.



Рисунок 4.1 – Вакуумний вимикач серії **ВБУ- 10**

Таблиця 4.1 - Технічні параметри вимикача ВБУ-10

Номинальна напруга, кВ	10
Номинальний струм, А	1000; 1600
Номинальний струм вимкнення, кА	20 (31,5)
Номинальні струми увімкнення, кА	
- ефективне значення періодичної складової	20
- амплітудне значення	52
Власний час увімкнення, мс, не більше	100
Власний час вимкнення, мс, не більше	30
Струми споживання електромагнітів увімкнення і вимкнення (з пружинно-моторним приводом), А, не більше:	
- при номінальній напрузі ~220 В	1,5
- при номінальній напрузі ~127 В	3
- при номінальній напрузі =220 В	1
- при номінальній напрузі =110 В	2
Струм споживання електромагніту увімкнення (з електромагнітним приводом) при ~220В, А, не більше	
- ВБУЭ-10-20	20
- ВБУЭ-10-31,5	30
Струм споживання двигуна зведення пружини увімкнення, А	1,5
Час зведення пружини увімкнення при мінімальній напрузі, с	14
Ресурс за механічною стійкістю, циклів УВ	50 000
Ресурс за комутаційною стійкістю, при номінальному струмі, циклів УВ	50 000
Ресурс за комутаційною стійкістю, при номінальному струмі вимкнення, циклів УВ	100
Кліматичне виконання	У
Категорія розміщення за ГОСТом 15150-69	2
Габарити вимикача, мм: висота × ширина × глибина	601(670) × 540 × 461
Маса вимикача, кг	
- ВБУЭ(П) - 10-20/1000	70 (73)
- ВБУЭ(П) - 10-20(31,5) /1600	80 (83)

4.2 Однополюсні вакуумні вимикачі напругою 27,5 кВ

Вакуумні вимикачі типу **ВБНК-27,5** і **ВБЗО-27,5** (зовнішнього (from outside) встановлення) і **ВБЦО-27,5** (внутрішнього встановлення) з електромагнітним приводом призначені для комутації однофазних електричних кіл з номінальною напругою 27,5 кВ і частотою змінного струму 50 і 60 Гц, а також для автоматичного відключення цих кіл при коротких замиканнях і перевантаженнях. Загальний вигляд вимикачів наведено на рис. 4.2.

Однополюсні вакуумні вимикачі **ВБНК-27,5**, **ВБЗО-27,5** і **ВБЦО-27,5** призначені для комплектації блоків фідерів тягових підстанцій змінного струму, постів секціонування і пунктів паралельного з'єднання контактної мережі ділянок залізниць.

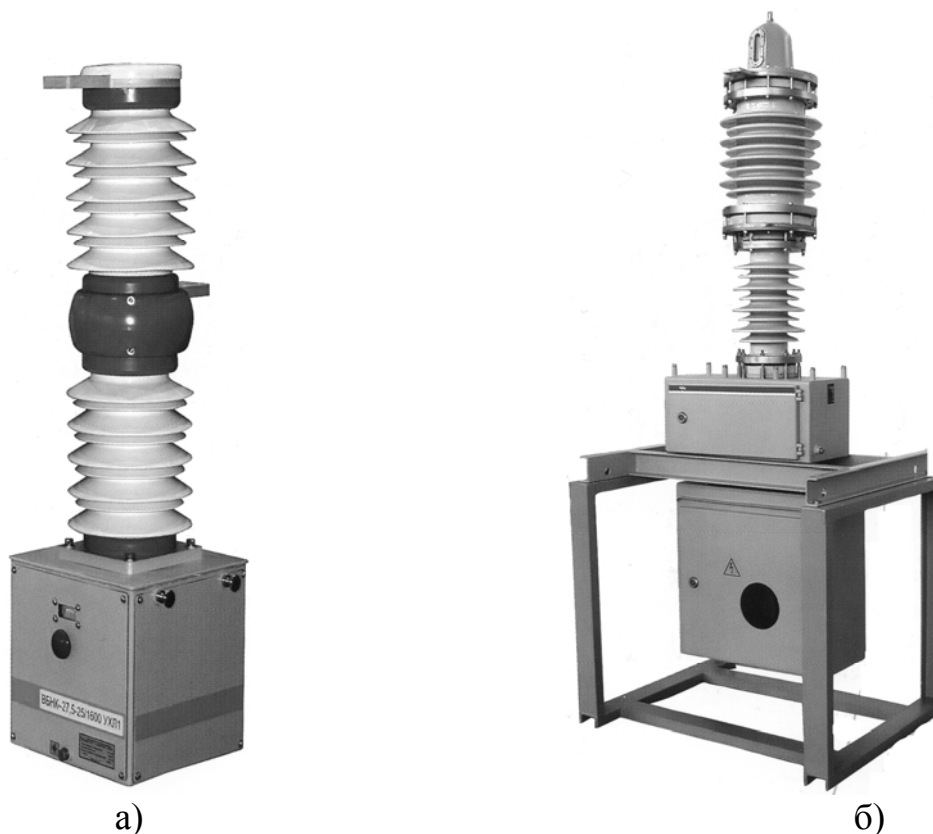


Рисунок 4.2 - Загальний вигляд вакуумних вимикачів:
а) однополюсний вакуумний вимикач серії **ВБНК-27,5**;
б) однополюсний вакуумний вимикач серії **ВБЗО-27,5**

Основні технічні характеристики вимикачів даних серій зовнішнього встановлення наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики однополюсних вакуумних вимикачів напругою 27,5 кВ серії **ВБ**

Тип вимикача		ВБНК-27,5	ВБЗО-27,5	ВБЦО-27,5
Номінальна напруга	кВ	27,5	27,5	27,5
Найбільша робоча напруга	кВ	30	30,5	29
Номінальний струм	А	1600	1000	1250; 1600
Номінальний струм вимкнення	кА	25	20	25
Струм електродинамічної стійкості	кА	64	52	63
Струм термічної стійкості, 3с	кА	25	20	25
Повний час вимкнення, не більше	с	0,07	0,07	0,07
Власний час увімкнення, не більше	с	0,1	0,2	0,2
Власний час вимкнення, не більше	с	0,050	0,052	0,060
Механічний ресурс, циклів		25 000	10 000	20 000
Комутаційний ресурс, циклів:				
- при номінальних струмах		25 000	10 000	20 000
- при номінальних струмах вимкнення		30	50	30
Габаритні розміри:	мм			
- ширина		416	1180	842
- глибина		411	920	460
- висота		1313	2592	1560
Маса, не більше	кг	200	350	265

4.3 Триполюсні вимикачі зовнішнього встановлення серії ВБНК напругою 35 кВ

Вимикач вакуумний зовнішнього встановлення типу **ВБНК-35 "ТУРА"** призначений для комутації (commutation) електричних кіл трифазного змінного струму з частотою 50 або 60 Гц в нормальних і аварійних режимах в мережах з ізольованою нейтраллю. Вимикачі можуть встановлюватися у відкритих і закритих розподільних установках 35 кВ і експлуатуватися при температурах від -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Загальний вигляд вимикача наведено на рис. 4.3.

У вимикачах використовуються найсучасніші вакуумні камери. Ізоляція полюсів виконана з кремнієорганічної гуми. Вимикач має вбудований електромагнітний привод і забезпечений підігрівальними пристроями.

Блок керування вимикачем розташований в корпусі вимикача. Постачання вимикачів можливе в комплекті з вимірювальними (measuring) трансформаторами струму, змонтованими безпосередньо на рамі вимикача. Особливостями вимикача є компактні розміри і високий комутаційний ресурс.

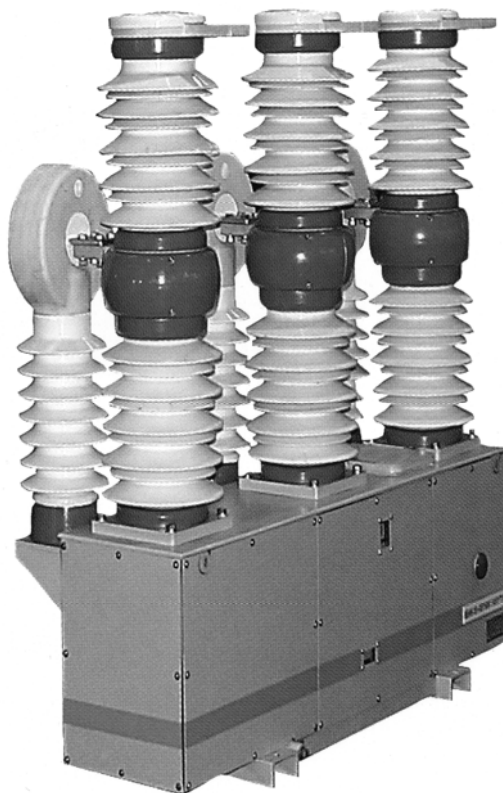


Рисунок 4.3 – Вимикач вакуумний зовнішнього встановлення типу **ВБНК-35**

Переваги вакуумних вимикачів серії **ВБНК**:

- в полюсах не використовується трансформаторна олива;
- кремнієорганічна ізоляція полюсів;
- високий механічний і комутаційний ресурс;
- малі габарити;
- можливість постачання з вбудованими вимірювальними трансформаторами струму.

Основні технічні характеристики вакуумних вимикачів серії **ВБНК-35** наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики вимикача **ВБНК-35**

Тип вимикача		ВБНК-35
Номінальна напруга	кВ	35
Найбільша робоча напруга	кВ	40,5
Номінальний струм	А	1600
Номінальний струм вимкнення	кА	25
Струм електродинамічної стійкості	кА	64
Струм термічної стійкості, 3с	кА	25
Повний час вимкнення, не більше	с	0,07
Власний час увімкнення, не більше	с	0,1
Власний час вимкнення, не більше	с	0,050
Механічний ресурс, циклів		25 000
Комутаційний ресурс, циклів:		
- при номінальних струмах		25 000
- при номінальних струмах вимкнення		50
Габаритні розміри:	мм	
- ширина		1410
- глибина		330
- висота		1400
Маса, не більше	кг	400

4.4 Триполюсні вимикачі серій ВБЦ та ВБУ напругою 35 кВ

Вакуумні вимикачі серії **ВБЦ**, виробництва компанії ЕЛВЕСТ (Росія) застосовують для частих комутацій в розподільних установках напругою 35 кВ.

Вимикачі зовнішнього встановлення **ВБЦ-35** призначені для комутації електричних кіл в нормальних і аварійних режимах роботи з номінальними струмами вимкнення 20 кА. Вимикачі застосовуються в рудотермічних, електродугових і інших електроустановках з частими комутаціями. Для зниження комутаційних перенапруг у вимикачах використовується роздільне вимкнення фаз. Загальний вигляд вимикача **ВБУ-35-1600/20** наведено на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 – Вакуумний вимикач типу **ВБЦ-35**

Вимикачі загальноенергетичного призначення серії **ВБУ** – це триполюсний вимикач внутрішнього встановлення, призначений для комутації електричних кіл в нормальних і аварійних режимах роботи з номінальним струмом вимкнення до 20 кА. Експлуатуються в закритих розподільних (distributive) установках напругою 35 кВ в енергетичній галузі та промисловості. Загальний вигляд вимикача **ВБУ-35-1600/20** наведено на рис. 4.5, а основні технічні характеристики в таблиці 4.4.



Рисунок 4.5 –Вакуумний вимикач зовнішнього встановлення типу **ВБУ-35**

Таблиця 4.4. - Технічні характеристики вимикача типу **ВБЦ 35**

Тип вимикача		ВБЦ-35
Номінальна напруга	кВ	35
Найбільша робоча напруга	кВ	40,5
Номінальний струм	А	1250; 1600
Номінальний струм вимкнення	кА	20
Струм електродинамічної стійкості	кА	80
Струм термічної стійкості, 3с	кА	20
Повний час вимкнення, не більше	с	0,085
Власний час увімкнення, не більше	с	0,3
Механічний ресурс, циклів		50 000
Комутаційний ресурс, циклів:		
- при номінальних струмах		20 000
- при номінальних струмах вимкнення		50
Габаритні розміри:	мм	
- ширина		1294
- глибина		582
- висота		1980
Маса, не більше	кг	450

4.5 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії 3AH5

Концерн „Високовольтний союз” на підприємстві „НТЕАЗ Електрик” (м. Нижня Тура, Росія) виготовляє за ліцензією фірми SIEMENS сучасні вакуумні вимикачі серії **3AH5** з пружинним приводом. Загальний вигляд такого вимикача для КРУ наведено на рис. 4.6.

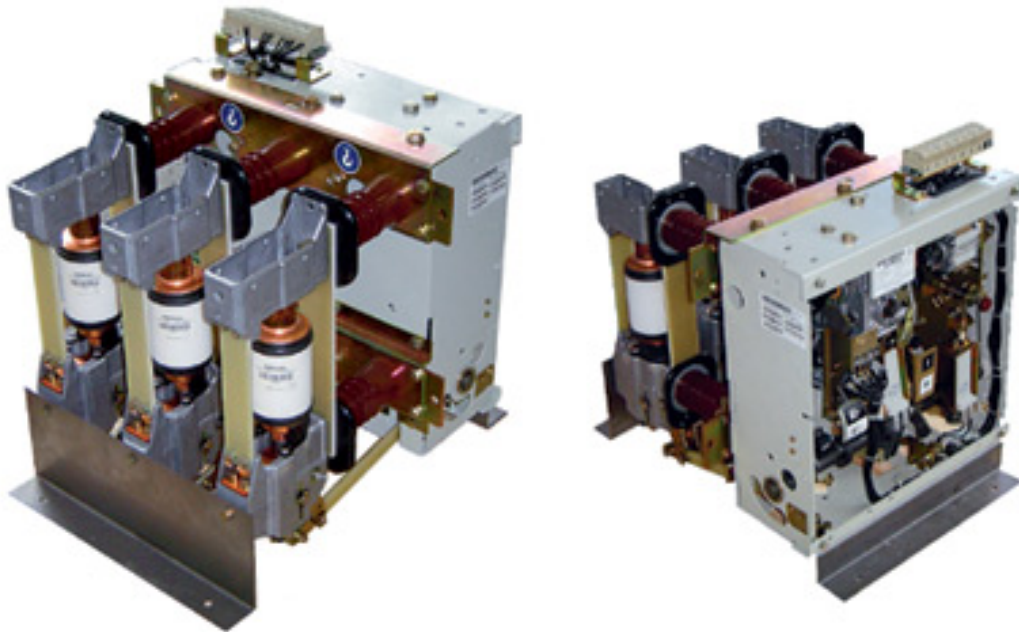


Рисунок 4.6 – Загальний вигляд вакуумного вимикача **3AH5**

Вимикачі серії **3AH5** відповідають найжорсткішим вимогами споживачів, оскільки в цих апаратах застосовані:

- сучасна камера з АМФ-системою, яка на сьогоднішній день є найекономічнішим способом гасіння дуги;
- сплав CuCr при виготовленні контактів, на порядок перевершує інші контактні матеріали і придатний майже для всіх комутаційних задач;
- пружинно-моторний привід, здатний провести комутацію повного АПУ (автоматичного повторного увімкнення) без додаткового джерела електроенергії.

Потужна вакуумна дугогасильна камера і моторно-пружинний привід вимикача забезпечують до 30000 комутаційних циклів УВ без будь-якого технічного обслуговування. Апарати розраховані на тривалий термін служби і мають підвищену безпеку і надійність. Компактність вимикача дозволяє значно зменшити габарити комірок КРУ і КСО.

Окрім того, важливими перевагами вимикачів **3AH5** є:

- стабільність діелектричного середовища дугогасильної камери впродовж всього терміну служби вимикача;
- постійний невеликий перехідний опір контактів;

- відсутність продуктів розкладання при комутаціях;
- велика кількість комутацій номінальних струмів;
- не потребують обслуговування протягом 20 років;
- висока надійність;
- низький вміст синтетичних матеріалів;
- відсутність небезпеки вибуху у разі несправності вакуумної дугогасильної камери;
- можливість застосування для вирішення всіх комутаційних завдань.

Вимикачі вакуумні внутрішнього встановлення серії **3АН5** з пружинним приводом відповідають технічним умовам ТУ 3414-006 05755513-2002 і ГОСТ 687-78. Вимикачі залежно від номінального струму і конструкторських особливостей мають типи виконань, які вказані в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Типи виконання вимикачів **3АН5**

Позначення	Номінальний струм, А	Номінальний струм вимкнення, кА	Відстань між полюсами L, мм
3АН5 10 3-1 У3	800	20	160
3АН5 10 3-2 У3	1250	20	160
3АН5 11 3-1 У3	800	20	210
3АН5 11 3-2 У3	1250	20	210
3АН5 10 4-1 У3	800	25	160
3АН5 10 4-2 У3	1250	25	160
3АН5 11 4-1 У3	800	25	210
3АН5 11 4-2 У3	1250	25	210

Вимикачі серії **3АН5** призначені для комутації електричних кіл при робочих і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму на номінальну напругу до 10 кВ частотою 50 і 60 ГЦ. Використовуються для нових типів комірок КРУ і КСО, а також для реконструкції шаф КРУ і КСО, що знаходяться в експлуатації.

Вимикачі серії **3АН5** мають деякі переваги в порівнянні з іншими вимикачами:

- механічний ресурс 10000 циклів «В-т_б-У»;
- комутаційний ресурс 50 циклів вимкнення при номінальному струмі вимикання;
- комутаційний ресурс 10000 циклів вимкнення при номінальному струмі;
- використання найсучасніших вакуумних камер;

- значне поліпшення маси габаритів вимикача за рахунок застосування нових технологій при виготовленні струмопровідних деталей;

- не потребують наявності оливного або компресорного господарства;

- мінімум обслуговування, відсутність регулювання;

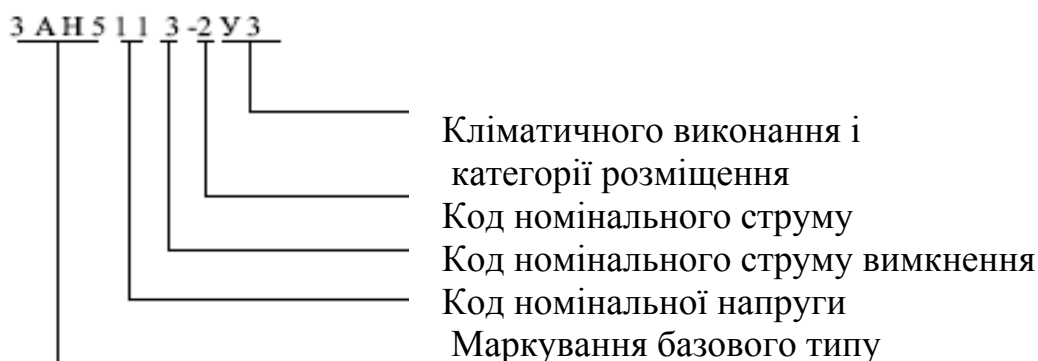
- вбудований пружинний привід з двигуном-редуктором.

Пружинний привод вимикача виконує такі функції:

- забезпечує надійне і стабільне увімкнення та вимкнення вимикача з нормованими параметрами;

- забезпечує оперативне і неоперативне ручне вимикання.

Структура умовного позначення вимикача 3АН5:



Приклад запису позначення вимикача серії **3АН5** з пружинним приводом на номінальну напругу 10 кВ, номінальний струм вимкнення 20 кА, номінальний струм 1250 А, кліматичного виконання і категорії розміщення УЗ:

3АН5 11-3-2 УЗ.

Номінальні значення кліматичних чинників для вимикачів за ГОСТом 15543.1-89 і ГОСТом 15150-69, при цьому:

- висота над рівнем моря не більше 1000м;

- верхні робоче і ефективне значення температури повітря, що оточує вимикач, приймають рівним плюс 40°C;

- нижнє значення температури навколишнього повітря приймають рівним мінус 5°C;

- відносне ефективне і верхнє значення повітря відповідно рівні: 80% при +20°C і 100% при +25°C;

- навколишнє середовище вибухобезпечне із вмістом корозійно-активних агентів в атмосфері типу II за ГОСТом 15150-69.

Вимикачі призначені для роботи в операціях „В” і „У” і циклах:

В-0,3с-УВ-180с-УВ,

В-0,3с-УВ-20с-УВ,

В-180с-УВ-180с-УВ.

Основні технічні параметри вакуумних вимикачів серії **3АН5** наведено в таблиці 4.6, а параметри привода - в таблиці 4.7.

Таблиця 4.6 - Основні технічні параметри вимикачів серії **3АН5**

Основні технічні параметри	Норма
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А	800; 1250
Номинальний струм вимкнення, кА	20; 25
наскрізний струм короткого замикання, кА:	
- найбільший пік (струм електродинамічної стійкості)	51; 63
- початкове значення періодичної складової	20; 25
Середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості)	20; 25
Час протікання струму (під час короткого замикання), с	3
Номинальний струм увімкнення, кА:	
- початкове значення періодичної складової	20; 25
- найбільший пік	51; 63
Повний час вимкнення, с, не більше	0,08
Власний час вимкнення, с, не більше	0,065
Власний час увімкнення, с, не більше	0,075
Маса, кг, не більше	56

Таблиця 4.7 - Основні параметри приводу вимикача **3АН5**

Основні технічні параметри	Норма
Випробувальна напруга промислової частоти однохвилинна, кВ	42
Випробувальна напруга грозового імпульсу, кВ	
- повного	75
- зрізаного	90
Номинальна напруга електромагнітів, В:	
увімкнення та вимкнення:	
- змінного струму;	220
- постійного струму;	110; 220
електродвигуна:	
- змінного струму;	220
- постійного струму;	110, 220
Розчіплювача мінімальної напруги:	
- змінного струму;	220
- постійного струму	110; 220

Вимикачі серії **3АН5** відносяться до вакуумних вимикачів високої напруги. Принцип дії вимикача оснований на гасінні електричної дуги, що виникає між контактами у вакуумі. Завдяки високій електричній міцності вакуумного проміжку і відсутності середовища, що підтримує горіння дуги, час горіння дуги мінімальний.

Конструкція вимикача (рис. 4.7) складається з корпусу з приводом 1, трьох полюсів з вакуумними камерами 2, опорних ізоляторів з епоксидного компаунда 3 і підсилювальних розпірок 4, а також необхідних для управління контактами камер ізолювальної тяги 6. В корпусі привода розміщені всі електричні і механічні конструктивні елементи, необхідні для увімкнення та вимкнення вимикача. Корпус привода закривається знімною кришкою 5, в якій передбачені вікна для елементів управління і показчиків.

Габаритні розміри і конструктивні елементи вимикачів наведені на рисунку 4.7.

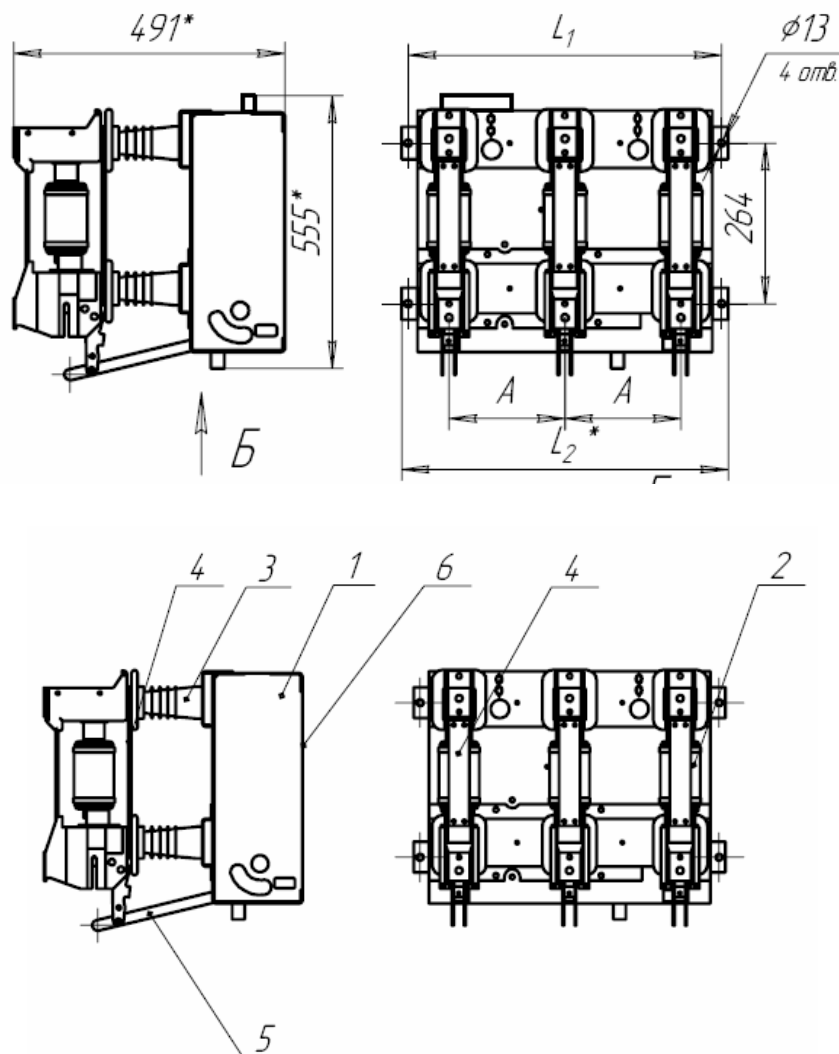


Рисунок 4.7 – Габаритні розміри і конструктивні елементи вакуумного вимикача **3АН5**

4.6 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії ВВСТ

Вакуумний вимикач серії **ВВСТ** є аналогом вакуумних вимикачів фірми **SIEMENS** серії **3AH5**. Виготовляється на Самарському трансформаторному заводі (Росія).

Це триполюсний вимикач внутрішнього встановлення з вбудованим пружинно-моторним приводом. Призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц з номінальною напругою 10 кВ.

Вимикач встановлюється в комплектні розподільні установки (КРУ), а також інші установки, що відповідають технічним вимогам експлуатації вакуумних вимикачів. Конструкція вимикача передбачає використання дугогасильних камер на номінальні струми 800, 1250 та 2500 А, струми вимкнення від 13,1 до 31,5 кА.

Вимикач розрахований для експлуатації в кліматичному виконанні **У** категорії розміщення **3** за ГОСТом 15150. Загальний вигляд вимикача **ВВСТ** стаціонарного встановлення в комплектних розподільних установках наведено на рис. 4.8, а основні технічні характеристики в таблиці 4.8.

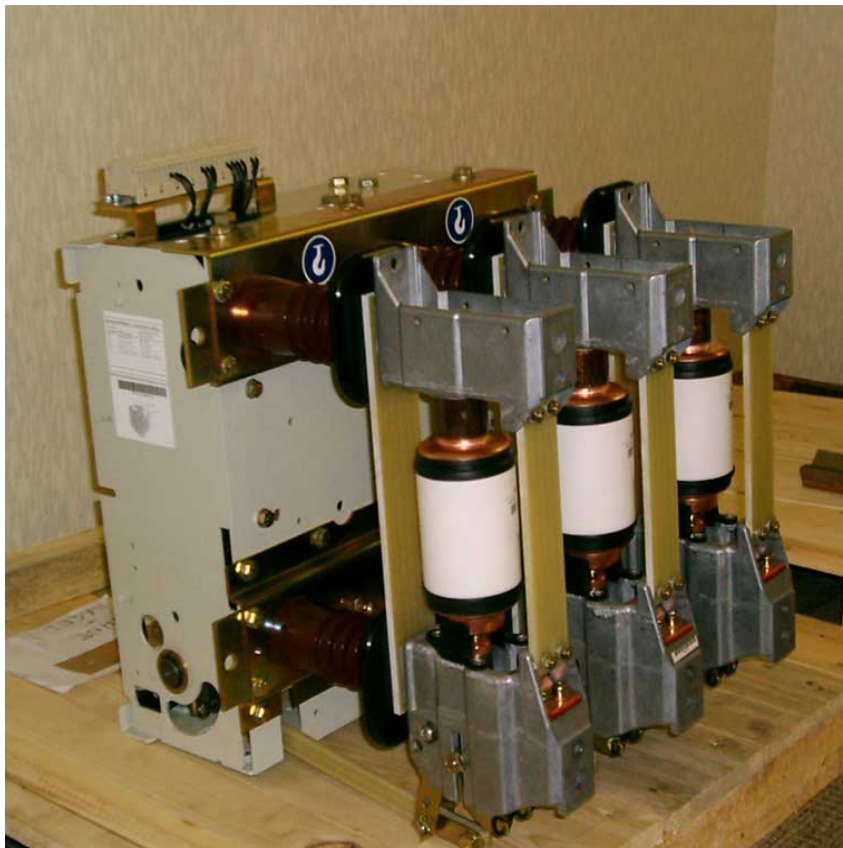


Рисунок 4.8 – Вимикач вакуумний внутрішньої установки серії **ВВСТ-10**

Таблиця 4.8 - Технічні параметри вакуумного вимикача **ВВСТ**

Найменування параметра		Норма
Номинальна напруга	кВ	10
Найбільша робоча напруга	кВ	12
Номинальний струм	А	800; 1250; 2500
Номинальний струм вимкнення	кА	13,1-31,5
Відсотковий вміст аперіодичної складової, не більше	%	36
Струм увімкнення:	кА	
- найбільший пік		51
Початкове діюче значення періодичної складової	кА	20
Наскрізний струм короткого замикання:		
- струм електродинамічної стійкості	кА	51
- початкове діюче значення періодичної складової	кА	20
- струм термічної стійкості	кА	20
Час протікання струму (час короткого замикання)	с	3
Комутаційна здатність:		
- мінімальна безструмова пауза при АПУ	с	0,30
- власний час вимкнення, не більше	с	0,03
- повний час вимкнення, не більше	с	0,03
- власний час увімкнення, не більше	с	0,10
Ресурс за механічною стійкістю, циклів У-тз-В, не менше		10000
Ресурс за комутаційною стійкістю при номінальному струмі вимкнення, циклів УВ, не менше		50
Номинальна напруга електромагніту	В	110 - 220
Струм споживання електромагніту	А	1,6 - 3

4.7 Триполюсні вимикачі внутрішнього встановлення серії ВБЕК напругою 35 кВ

Вимикачі серії **ВБЕК** призначені для комутації електричних кіл при номінальних і аварійних режимах в комірках комплектних розподільних установок в електричних мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц з напругою 35 кВ з ізолюваною та заземленою нейтраллю, а також для заміни старих малооливних і елегазових вимикачів в цих комірках.

Вимикач відповідає вимогам ГОСТ 687-78, ГОСТ 18397-86. В вимикачах **ВБЕК** застосовується вакуумна дугогасильна камера типу КДВ2-35-25/1600 УХЛ2 або КДВ3-35-31,5/1600 УХЛ2. Загальний вигляд вимикача **ВБЕК** наведено на рис. 4.9

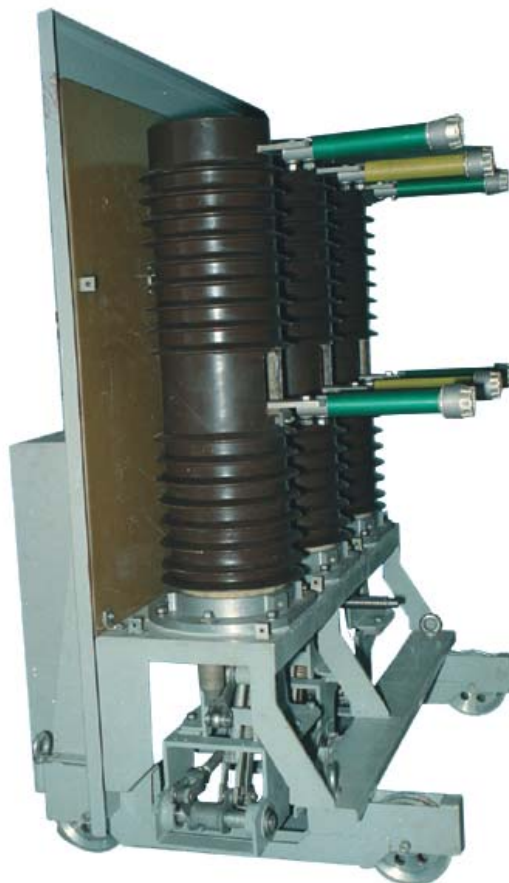


Рисунок 4.9 - Вимикач вакуумний **ВБЕК-35-25(31,5)/630÷1600 УХЛ2**

Основні умови експлуатації вимикачів серії **ВБЕК - 35** такі:

- для роботи в районах помірного (У) та помірно-холодного (УХЛ) клімату, категорії розміщення 2 за ГОСТом 15150-69;
- висота над рівнем моря до 1000 м;

- верхнє значення температури навколишнього повітря при експлуатації - + 50°C;

- нижнє значення температури навколишнього повітря при експлуатації - - 60°C;

Ресурс вимикачів **ВБЕК** складає:

- за механічною стійкістю - не менше 20 000 циклів У–t₃–В;
- за комутаційною стійкістю при іномінальному струмі 1600 А – не менше 20 000 циклів У–t₃–В;
- за комутаційною стійкістю при номінальному струмі вимикання 25 (31,5) кА – не менше 100 операцій В; із них - 30 операцій У-В;
- термін служби до списання – 30 років.

Габаритні розміри вимикача **ВБЕК–35** наведено на рис. 4.10, а основні технічні характеристики наведено в таблиці 4.9 та 4.10.

Таблиця 4.9 - Технічні характеристики вимикача **ВБЕК – 35**

Номінальна напруга	кВ	35
Найбільша робоча напруга	кВ	40,5
Номінальний струм	А	630, 1250,
Номінальний струм вимкнення	кА	1600
Наскрізний струм короткого замикання:		25 (31,5)
- струм електродинамічної стійкості;	кА	63(80)
- струм термічної стійкості;	кА	25(31,5)
- час протікання струму термічної стійкості.	с	3
Повний час увімкнення, не більше	мс	150
Повний час вимкнення, не більше	мс	80
Електричний опір постійного струму головного кола полюса, не більше	мкОм	60 (50)
Хід рухомого контакта	мм	16,5±0,5
Маса вимикача, не більше	кг	500

Таблиця 4.10 - Характеристики привода вимикача **ВБЕК – 35**

Струми споживання електромагніта вмикання при номінальній напрузі:		
- 220 В постійного струм, не більше	А	100
- 110 В постійного струм, не більше	А	200
Струми споживання електромагніту вимкнення при номінальній напрузі:		
- 220 В постійного струм, не більше	А	2,5
- 11 В постійного струм, не більше	А	5

Структура умовного позначення вимикача **ВБЕК**:

В Б Е К-35-25(31,5)/630÷1600 УХЛ 2



Приклад запису позначення вимикача:

ВБЕК-35-25/1600 УХЛ 2.

Це умовне позначення вакуумного вимикача викатного виконання на номінальний струм 1600А, номінальний струм вимкнення 25 кА, номінальну напругу 35 кВ, кліматичне виконання УХЛ, категорія розміщення 2.

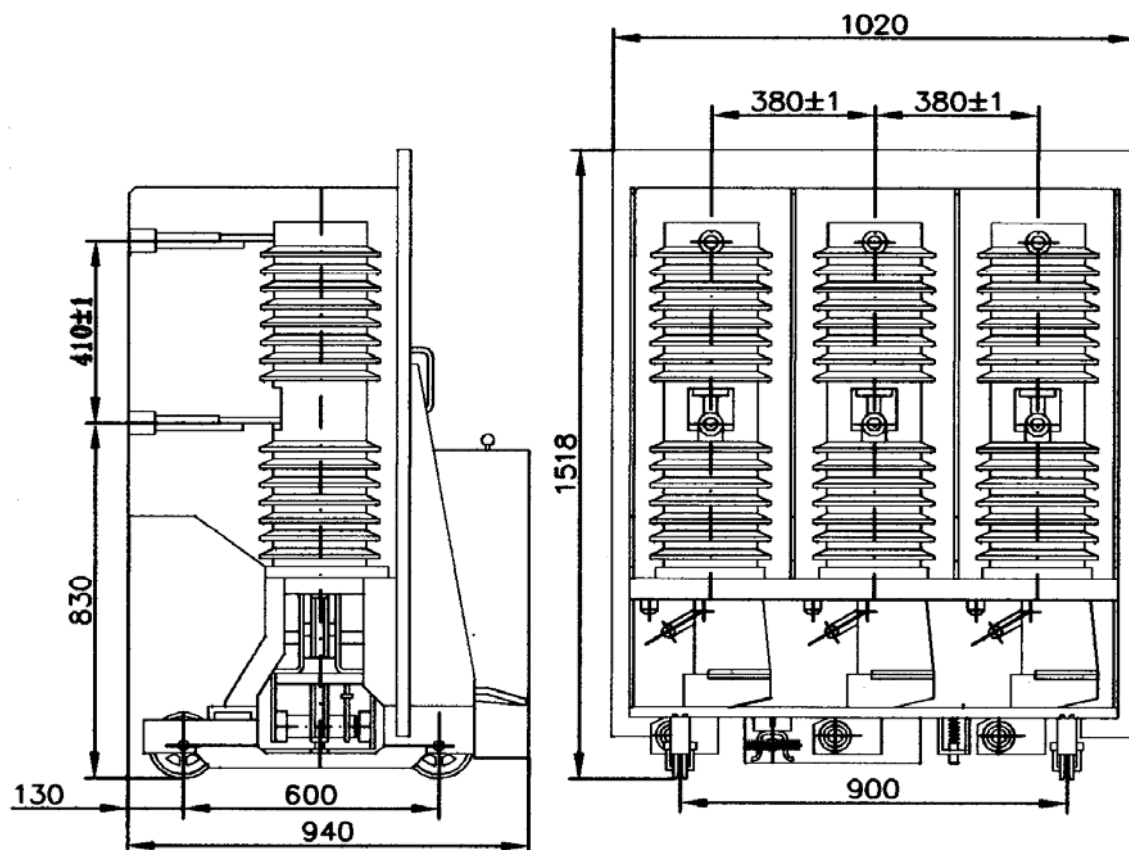


Рисунок 4.10 - Габаритні розміри вимикача **ВБЕК 35**

Принцип роботи вимикача оснований на гасінні в вакуумі електричної дуги, яка виникла при розмиканні контактів. Вимикач складається з трьох полюсів. Вони зібрані на рамі вкатного елемента. На рамі закріплений шкаф з електромагнітним приводом постійного струму ПЕМУ-500. Вкатний елемент має механізм блокування, зв'язаний з вимикачем.

Операція вимкнення вимикача відбувається за рахунок енергії увімкненого електромагніту і здійснюється подачею напруги на його котушку. Ручне неоперативне вимикання забезпечується при керуванні вимикачем за допомогою ходового винта, встановленого на приводі. Оперативне вмикання вимикача вручну забороняється. Вимикання вимикача відбувається за рахунок сумарної енергії пружини вимикання привода вимикача і пружини додаткового підтиснення рухомих контактів дугогасильної камери. Для виконання операції вимкнення необхідно подати електричний сигнал на вимкнення електромагнітного привода. Можливе вимикання вимикача вручну шляхом дії на червону рукоятку, розташовану за шкафом привода.

Висновок

Для розподільних установок номінальної напруги 6 - 10 кВ на сучасному рівні розвитку електроапаратобудування оптимальним є вакуумний вимикач, а не елегазовий (порівнюючи їх експлуатаційні та цінові характеристики).

Вакуумні вимикачі вітчизняних виробників, в першу чергу „РЗВА – Електрик”, зарекомендували себе як дуже надійні, прості в обслуговуванні (точніше – не потребують обслуговування) апарати. Їхнє класичне компонування, наявність механічної зачіпки, різноманітні конструкції приводів давно здобули симпатії у багатьох енергетиків України, Росії, Естонії, Білорусі, Казахстану та в далекому зарубіжжі.

Без сумніву, оливний вимикач дещо дешевший. Проте він вже став архаїзмом через обмежені технічні можливості й необхідність якимось чином утилізувати відходи оливи. Вітчизняними виробниками розроблено викатні елементи з вакуумними вимикачами для модернізації розподільних комірок КРУ та КРУН:

1. У комірках КРУ та КРУН типів КМ-1Ф, К-47, К-49, К-59, К-104М, КРУН-10Л та ряду інших вимикачі ВК-10 (ВКЕ-10) замінюються вакуумними вимикачами серії ВР та ВБЕ, які не потребують адаптації (К-47, К-49, К-59, К-104М) або потребують її у мінімальному обсязі: заміна напрямної для відкриття шторок комірки, зміна довжини джгутів вторинних кіл тощо.

2. У комірках КРУ та КРУН типів КРУ2-10, К-ХІІ, К-ХІІІ, К-ХХVІ, К-37 вимикачі ВМП, ВМПІІ, ВМПЕ замінюються вакуумними серій ВР, ВБ та ВБЕМ. Викатний елемент має візок, який містить системи докочування та фіксації у робочому та контрольному положеннях аналогічно комірці ST-7, виробництва колишньої ПНР, або аналогічно комірці К-ІІУ (К-VІU).

3. У комірці КРУ та КРУН типів КРУН2-10 (з вимикачами ВМП-10), К-ІІУ, К-VІU, 4КВС, 4КВГ малооливні вимикачі замінюються на вакуумні серій ВБ та ВБЕМ, конструкція яких дозволяє встановлювати їх на візки вкатних елементів цих вимикачів як на підприємстві-виробнику, так і самостійно замовником з використанням доданого до вимикача додаткового комплексу деталей.

4. Також випускаються викотні елементи з вакуумними вимикачами для заміни малооливних у комірках КРУ закордонного виробництва:

- ST-7, ST-9, WMSWP, виробництва Польщі;
- В-200, виробництва Німеччини (на візку замовника);
- АК-10-20, виробництва Болгарії.

Таким чином вакуумні вимикачі розподільних установок напругою 6 – 10 кВ та 35 кВ є найбільш ефективним комутаційним обладнанням при побудові нових та модернізації існуючих розподільних установок електричних станцій та підстанцій.

Література

1. Чунихин А. А. Электрические аппараты. - М.: Энергия, 1975. – 567 с.
2. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А. А. Васильева. - М.: Энергия, 1980. – 608 с.
3. Зелінський В. Ц. Фізичні основи електричних апаратів. Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2001. –134 с.
4. Таев И. С. Электрические аппараты, общая теория. - М.: Энергия, 1977. - 270 с.
5. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов.- 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
6. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова и др.; Под ред. А. А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 567 с.
7. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 304 с.
8. Чунихин А. А., Жаворонков М. А. Аппараты высокого напряжения. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с..
9. Улиссова И. Н. Вакуумные коммутационные аппараты за рубежом. – М.: Информэлектро, 1983. – 80 с.
10. Лежнюк П. Д., Зелінський В. В. Електричні апарати. Фізичні основи електричних апаратів: Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007. - 176 с.
11. [http:// www.rzva.com.ua/](http://www.rzva.com.ua/)
12. Федоров А. А. Довідник по електропостачанню і електроустаткування. - М.: Энергоатомиздат, 1987 г.
13. Барібін Ю. Г. Довідник по проектуванню електропостачання. - М.: Энергоатомиздат, 1990 р. – 576 с.
14. Соколов Б. А., Соколова Н. Б. Монтаж електричних установок. - М.: Энергоатомиздат, 1991 г. – 592 с.
15. <http://craw.narod.ru>.
16. <http://www.vakuum.ru>.
17. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 года \ Пер. с англ. Под ред. Ю. Н. Старшинова. – М.: Энергия, 1980. – 256 с.
18. Кузнецов Ю. С. Аппараты распределения электрической энергии напряжением до 1000 В. - М.: Энергия, 1970. – 544 с.
19. К. Регаллер, Р. Рейхарт. Физика дуги и переходные процессы в сетях / Под ред. К. Регаллера . - М.: Энергоиздат, 1981. – 345 с.
20. Ульянов С. А. Электрические переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1970. – 350 с.

Додаток А

Вакуумні вимикачі 10 кВ серії ВР0



Рисунок А.1 - Загальний вигляд вимикача ВР0

Вакуумні вимикачі серії ВР0 призначені для роботи в нових сучасних комплектних розподільних установках (КРУ) як власного виробництва РЗВА - КРУ серії КУ-10Ц, так і виробництва інших КРУ. Крім того, вимикачі ВР0 широко використовуються для реставрації комірок КРУ і КСО з комутаційними апаратами, що відпрацювали свій ресурс, за програмою Ретрофіт. Вакуумні вимикачі ВР0 можуть експлуатуватися в умовах помірного або тропічного клімату (кліматичне виконання і категорія розміщення В2 і Т3). Вакуумні вимикачі ВР0 відповідають вимогам

ДЕРЖСТАНДАРТ 687, ДЕРЖСТАНДАРТ 18397 і ТУ В 22588376.008-98 і виробляються в умовах, контрольованих системою менеджменту якості, що функціонує відповідно до вимог ISO 9001. Експлуатація вимикачів до списання - не менш 25 років. Гарантійних років експлуатації - 4 роки.

Таблиця А.1 - Основні параметри вимикачів серії ВР0

Номінальна напруга	10 кВ
Найбільша робоча напруга	12 кВ
Номінальний струм	630; 1 000 А
Номінальний струм вимкнення	12,5 кА
Струм електродинамічної стійкості	32 кА
струм термічної стійкості (протягом 3 с)	12,5 кА
Повний час вимкнення	не більше 0,057 с
Власний час увімкнення	не більше 0,090 с
Власний час вимкнення	не більше 0,028-0,042 с
Механічний ресурс	100 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі	50 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі вимкненні	100 вимкнень

Габаритні розміри вимикачів ВР0:

ширина - 564 мм, глибина - 214 мм, висота - 573 мм.

Маса, не більше - 68 кг.

Вакуумні вимикачі 10 кВ серії ВР1



Рисунок А.2 - Загальний вигляд вимикача **ВР1**

Вакуумні вимикачі серії **ВР1** призначені для роботи в нових сучасних комплектних розподільних установках (КРУ) як власного виробництва РЗВА - КРУ серії КУ-10Ц, так і виробництва інших КРУ. Крім того, вимикачі ВР1 широко використовуються для реставрації комірок КРУ з комутаційними апаратами, що відпрацювали свій ресурс за програмою Ретрофіт. Вакуумні вимикачі ВР1 можуть експлуатуватися в умовах помірного або тропічного клімату (кліматичне виконання і категорія розміщення В2 і Т3 відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 15150). Залежно від номінального струму і кліматичного виконання, вимикачі ВР1 випускаються в чотирьох основних типовиконаннях (два для помірного клімату і два - для тропічного), а з урахуванням варіантів принципової електричної схеми й наявності кіл захисту, серія ВР1 нараховує всього сорок видовиконань.

Таблиця А.2 - Основні параметри вимикачів серії **ВР1**

Найбільша робоча напруга	12 кВ
Номінальний струм	630; 1 000 А
Номінальний струм вимкнення	20 кА
Струм електродинамічної стійкості	51 кА
Струм термічної стійкості (протягом 3 с)	20 кА
Повний час вимкнення	не більше 0,057 с
Власний час увімкнення	не більше 0,090 с
Власний час вимкнення	не більше 0,042 с
Механічний ресурс	100 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі	50 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі вимкнення	100 вимкнень

Габаритні розміри вимикачів ВР1
ширина - 564 мм, глибина - 214 мм, висота - 573 мм

Вакуумні вимикачі 10 кВ серії ВР2



Рисунок А.3 – Загальний вигляд вимикача **BP2**

Вакуумні вимикачі серії **BP2** призначені для роботи в нових сучасних КРУ як власного виробництва РЗВА - КРУ серії КУ-10Ц, так і виробництва інших КРУ більшості серій, вироблених іншими заводами. Крім того, вимикачі BP2 широко використовуються для реставрації комірок КРУ з комутаційними апаратами, що відпрацювали свій ресурс за програмою Ретрофіт. Вакуумні вимикачі BP2 можуть експлуатуватися в умовах помірного або тропічного клімату (кліматичне виконання і категорія розміщення В2 і Т3).

Залежно від номінального струму і кліматичного виконання, вимикачі BP2 мають дев'ять основних типовиконань, а з урахуванням варіантів принципової електричної схеми й наявності кіл захисту, серія BP2 нараховує всього вісімдесят типовиконань. Вакуумні вимикачі BP2 випускаються у двох варіантах конструктивного виконання, відповідно до двох типів використовуваних литих полюсів, що мають різну міжконтактну відстань: вимикачі на номінальний струм 630; 1000 А (міжконтактна відстань 205 мм), вимикачі на номінальний струм 1600; 2000 А (міжконтактна відстань 310 мм).

Таблиця А.3 - Основні параметри вимикачів серії **BP2**

Номінальна напруга	10 кВ
Найбільша робоча напруга	12 кВ
Номінальний струм	630; 1 000; 1 600; 2 000 А
Номінальний струм вимкнення	20; 31,5 кА
Струм електродинамічної стійкості	51; 80 кА
Струм термічної стійкості (3 с)	20; 31,5 кА
Повний час вимкнення	не більше 0,065 с
Власний час ввімкнення	не більше 0,090 с
Власний час вимкнення	не більше 0,035-0,050 с
Механічний ресурс	100 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі	30 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі вимкнення	50 вимкнень (40 вимк. - для струму 1600 А і більше)

Габаритні розміри вимикачів BP2:

ширина - 530 мм, глибина - 317 мм, висота - 568 мм, (700 мм для вимикачів на номінальний струм 1 600 А і більше). Маса вимикачів - не більше 90 кг (112 кг для вимикачів на номінальний струм 1600 А і більше).

Вакуумні вимикачі 10 кВ серії **BP3**



Рисунок А.4 - Загальний вигляд вимикача **BP3**

Вакуумні вимикачі серії **BP3** призначені для роботи в нових сучасних КРУ як власного виробництва РЗВА - КРУ серії КУ-10Ц, так і виробництва інших КРУ більшості серій, вироблених іншими заводами. Крім того, вимикачі BP3 використовуються для реставрації комірок КРУ з комутаційними апаратами, що відробили свій ресурс за програмою Ретрофіт і можуть бути адаптовані для заміни вимикачів ВВ-10, ВВЕ-10, ВМП-10Е, ВМПЕ-10, ВМПП-10, ВЕМ-6 в комірках КРУ типів КМ-1, К-Х, К-XXI, К-XXIV і інших серій. Вимикачі BP3 можуть експлуатуватися в умовах помірного або

тропічного клімату (кліматичне виконання й категорія розміщення В2 і Т3). Залежно від номінального струму і кліматичного виконання, вимикачі BP3 мають три основних типовиконання, а залежно від варіанта принципової електричної схеми і наявності кіл захисту - усього тридцять типовиконань. BP3 конструктивно виконані у вигляді викатного елемента КРУ серії КУ-10 і мають відкрите виконання вакуумних камер (у вимикачах BP3 не використовуються литі полюси) пофазно розділених ізоляційними перегородками.

Таблиця А.4 - Основні параметри вимикачів серії **BP3**

Найбільша робоча напруга	12 кВ
Номінальний струм	2 000; 2 500; 3 150 А
Номінальний струм вимкнення	40 кА
Струм електродинамічної стійкості	102 кА
Струм термічної стійкості (3 с)	40 кА
Повний час вимкнення	не більше 0,065 с
Власний час увімкнення	не більше 0,120 с
Власний час вимкнення	не більше 0,035-0,050 с
Механічний ресурс	30 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі	30 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі вимкнення	50 вимкнень

Габаритні розміри вимикачів BP3:

ширина - 720 мм, глибина - 678 мм, висота - 945мм. Маса вимикачів - не більше 270 кг.

Вакуумні вимикачі 6 кВ серії ВРС-6



Рисунок А.5 - Загальний вигляд вимикача **ВРС6**

Вакуумні вимикачі серії **ВРС-6** призначені для роботи в комірках КРУ внутрішнього встановлення з номінальною напругою 6 кВ і використовуються на власних потреб теплових і атомних електростанцій. Вимикачі ВРС-6 можуть експлуатуватися в умовах помірного або тропічного клімату (кліматичне виконання й категорія розміщення В2 і Т3). Вимикачі ВРС-6 відповідають вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 687, ДЕРЖСТАНДАРТ 18397 і ТУ В 22588376.011-2000 і виробляються в умовах, контрольованих системою

менеджменту якості, що функціонує відповідно до вимог ISO 9001.

Термін експлуатації вимикачів до списання - не менш 25 років. Гарантійний термін експлуатації - 4 роки.

Таблиця А.5 - Основні параметри вимикачів серії **ВРС-6**

Номінальна напруга	6 кВ
Найбільша робоча напруга	7,2 кВ
Номінальний струм	1250, 3150 А
Номінальний струм вимкнення	40 кА
Струм електродинамічної стійкості	102; 128 кА
Струм термічної стійкості (3 с)	40 кА
Повний час вимкнення	Не більше 0,065 с
Власний час ввімкнення	не більше 0,120 с
Власний час вимкнення	не більше 0,035; 0,050
Механічний ресурс	30 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі	30 000 циклів
Комутаційний ресурс при номінальному струмі вимкнення	40; 50 вимикань
Міжконтактна відстань	310 мм
Міжполюсна відстань	200; 230 мм

Габаритні розміри вимикачів ВРС-6: ширина - 560; 620 мм, глибина - 435 мм, висота - 611; 674 мм. Маса вимикачів - не більше 166 - 196 кг.

Таблиця А.6 - Основні параметри приводів вимикачів **ВР**

Найменування параметра	Норма для вимикачів серії			
	BP1	BP2	BP3	BP6, BP6B
1. Номінальна напруга електромагніту, В: - при постійному струмі; - при випрямленому струмі; - при змінному струмі.	220 220 220	110; 220 110; 220 127; 220	220 220 220	220 - -
2. Номінальна напруга кіл керування, В: - при постійному струмі; - при випрямленому струмі; - при змінному струмі.	110; 220 110 ; 220 127; 220			220 - -
3. Максимальний струм споживання кола електромагніту А, не більше: - при увімкненні (не більше 40 мс): - при 220В - при постійному 110 В, змінному 127 В - при вимкненні (не більше 25 мс): - при 220В - при постійному 110В, змінному 127В	16 - 14* -	24 60 17 32	35 - 20 -	42 - 20 -
4. Діапазон робочих напруг кола електромагніту (YAT, YAC), у відсотках від номінальної напруги: - при увімкненні (YAC) - при вимкненні (YAT) - змінного або випрямленого струму - постійного струму	85-110 65-120 70-110			
5. Діапазон робочих напруг в колах керування, у відсотках від номінальної напруги: - кола увімкнення (контактора КМ або реле КСС) - кола вимкнення (реле КСТ) і вимкнення від незалежного джерела живлення (реле КСВ): - змінного або випрямленого струму - постійного струму	85-110 65-120 70-110			

*струм від заздалегідь заряджених конденсаторів привода

Додаток Б

Вакуумні вимикачі - виробник «Таврида Електрик»

Вимикачі серії ВВ/TEL-10-12,5/1000 У2



Рисунок Б.1- Загальний вигляд вимикача **ВВ/TEL**

Таблиця Б.1 - Технічні параметри **ВВ/TEL-10-12,5/1000 У2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	12,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	50000 100
Електродинамічна стійкість, кА	32
Струм термічної стійкості, кА / с	12,5 (3)
Власний час вимкнення, мс	15
Повний час вимкнення, мс	25
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	37
Випробувальна короткочасна напруга (однохвилинна) промислової частоти, кВ	42
Без радіаторів охолодження: - номінальний струм, А - номінальний струм, А	800 630
Верхнє/нижнє значення температури навколишнього середовища, °С	+55/-40
Стійкість до механічних дій, група за ГОСТом 17516.1-90	М7
Маса комутаційного модуля, кг	
а) при міжполюсній відстані 200 мм, не більше	35
б) при міжполюсною відстанню 250 мм	37
Термін роботи до списання , років	25

Таблиця Б.2 - Технічні параметри **ВВ/TEL-10-12,5/1600 У2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	12,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	100
Електродинамічна стійкість, кА	32
Струм термічної стійкості, кА / с	12,5(3)
Власний час вимкнення, мс	15
Повний час вимкнення, мс	25
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	37
Випробувальна короткочасна напруга (однохвилинна) промислової частоти, кВ	42
Без радіаторів охолодження:	
- номінальний струм, А	800
- номінальний струм, А	630
Верхнє/нижнє значення температури навколишнього середовища, °С	+55/-40
Стійкість до механічних дій, група за ГОСТом 17516.1-90	М7
Маса модуля комутаційного кг, не більше:	
а) при міжполюсній відстані 200 мм	35
б) при міжполюсній відстані 250 мм	37
Термін роботи до списання, років	25

Вимикачі серії ВВ/TEL-10-20/1000 У2



Рисунок Б.2 - Загальний вигляд вимикача

Таблиця Б.3 - Технічні параметри **BB/TEL-10-20/1000 U2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	50000 100
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА / с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	15
Повний час вимкнення, мс	25
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	37
Випробувальна напруга промислової частоти протягом однієї хвилини, кВ	42
Без радіаторів охолодження: - номінальний струм, А - номінальний струм, А	800 630
Верхнє/нижнє значення температури навколишнього середовища, °С	+55/-40
Стійкість до механічних дій, група за ГОСТом 17516.1-90	M7
Маса модуля комутаційного, кг, не більше	
а) при міжполюсній відстані 200 мм	35
б) при міжполюсній відстані 250 мм	37
Термін роботи до списання, років	25

Таблиця Б.4 - Технічні параметри **ВВ/TEL-10-20/1600 У2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 150
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	15
Повний час вимкнення, мс	25
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	70
Однохвилинна випробувальна короткочасна напруга промислової частоти, кВ	42
Верхнє/нижнє значення температури навколишнього середовища, °С	+55/-40
Стійкість до механічних дій, група за ГОСТом 17516.1-90	М7
Маса модуля комутаційного, кг, не більше	
а) при міжполюсній відстані 200 мм	65
б) при міжполюсній відстані 250 мм	70
Термін роботи до списання, років	25

Вимикачі серії ВВ/TEL-20-16/800 У2



Рисунок Б .3 - Загальний вигляд
вимикача

В основі вакуумного вимикача лежить привод, оснований на принципі „магнітної защіпки”. Конструкція аналогічна вимикачу серії ВВ/TEL-20-16/800 У2. В порівнянні з ним використовується нова камера ВДК на клас напруги 20 кВ, посилені поздовжня і опорна ізоляція вимикача (збільшена довжина шляху витoku струму по поверхні), застосовані нові тягові ізолятори.

Вимикач сумісний з допоміжними пристроями „Таврида Електрик” - блоком керування, монтажним комплектом, блоком механічного увімкнення.

Таблиця Б .5 - Технічні параметри **ВВ/TEL-20-16/800 У2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	20
Найбільша робоча напруга, кВ	24
Номінальний струм, А	800
Номінальний струм вимкнення, кА	16
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 100
Електродинамічна стійкість, кА	41
Струм термічної стійкості, кА /с	16(3)
Повний час вимкнення, мс	55
Власний час увімкнення, мс	90
Маса, кг	36
Маса, не більше	
а) при міжполюсній відстані 210 мм/кг	36
б) при міжполюсній відстані 275 мм /кг	38

Таблиця Б.6 - Технічні характеристики вакуумних вимикачів **ВВ/TEL**

Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм ($I_{ном}$), А	630; 1000
Номинальний струм вимкнення, кА	12,5; 20
Наскрізний струм короткого замикання, не більше: найбільший пік, кА початкове діюче значення періодичної складової	32; 52 12,5; 20
Нормований процентний вміст періодичної складової, %	30
Середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості), кА	12,5; 20
Час протікання струму (час короткого замикання), с	3
Власний час вимкнення, с, не більше	0,015
Повний час вимкнення, с, не більше	0,025
Власний час увімкнення, с, не більше	0,07
Неодночасність замикання і розмикання контактів, с, не більше	0,004
Номинальна напруга живлення блока керування, В (постійного та змінного струму)	220
Діапазон напруги живлення привода, % від номінального значення	85-110
Ресурс за комутаційною стійкістю: - при номінальному струмі ($I_{ном}$), операцій „УВ” - при струмах короткого замикання $I = (60-100) \%$ від ($I_{ном}$), операцій „УВ”	50000 100
Механічний ресурс, циклів „УВ”	50000
Електричний опір головного кола полюса, мкОм, не більше, при номінальному струмі: - 630 А - 1000 А	60 402
Маса, кг: ВВ/TEL – 10 (КРУ, $A_{міжпол.} = 200$ мм) ВВ/TEL – 10 (КСО, $A_{міжпол.} = 250$ мм) ВВ/TEL – 10 (КСО, $A_{міжпол.} = 220$ мм) ВВ/TEL – 10 (КСО, $A_{міжпол.} = 200$ мм)	35 38 38 35
Термін служби до списання, років	25

Додаток В

Вимикачі серії ВБЛ-10-20/1000



Вакуумний вимикач внутрішнього встановлення серії ВБЛ-10-20 (виробник: „ФГУП УЕМЗ” (Росія) з електромагнітним приводом відповідає вимогам ГОСТ 687, ТУ 3414 001-51838874-2002, має сертифікати відповідності “ЕНЕРГО-СЕРТ” і ГОСТ Р.

Рисунок В.1 - Загальний вигляд вимикача

Таблиця В.1 - Технічні параметри **ВБЛ-10-20/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	50000 50
Електродинамічна стійкість, кА	52
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Маса, кг	55
Нормований зміст аперіодичної складової номінального струму вимкнення, не більше	35 %
Випробувальна напруга промислової частоти кВ (1хв.)	42
Габарити, мм	690×545

Вимикачі серії ВБЛ-10-20



Вимикач ВБЛ-10-20/1600 з вакуумною дугогасильною камерою КД ВХ 4-10-20/1600 УХЛ2 призначений для експлуатації в КРУ. Привод електромагнітний.

Рисунок В.2 - Загальний вигляд
вимикача

Таблиця В.2 - Технічні параметри **ВБЛ-10-20/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	52
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Маса, кг	55
Нормований зміст аперіодичної складової номінального струму відключення, не більше	35%
Випробувальна напруга промислової частоти кВ (1 хв.)	42
Габарити, мм	740×545×545 (580)

Додаток Г

Вимикачі серії ВБН-27,5



Рисунок Г.1 - Загальний вигляд вимикача **ВБН-27,5**

ВБН-27,5 П-20/1600 (виробник: „Верхньотуринський машинобудівний завод” (Росія) – однополюсний вакуумний вимикач, призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах однофазного змінного струму напругою 27,5 кВ для тягових підстанцій електрифікованих залізниць. Вимикач має показчик увімкненого і вимкненого положення, лічильник числа циклів роботи вимикача, кнопку ручного вимкнення. Привод електромагнітний з підігрівальними пристроями.

Вимикачі серії ВБН-35



Рисунок Г.2 - Загальний вигляд вимикача **ВБН-35**

ВБН-35 П-20/1600 – вакуумний вимикач призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму напругою 35 кВ з ізолюваною або компенсованою нейтраллю. Вимикач має вбудовані трансформатори струму, привод електромагнітний, знаходиться усередині шафи привода і забезпечений підігрівальними пристроями. Гарантійний термін – 5 років з дня введення вимикача в експлуатацію.

Таблиця Г.1 - Технічні параметри **ВБН-27,5 П-20/1600**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	27,5
Найбільша робоча напруга, кВ	29
Номинальний струм, А	1600
Номинальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при струмі КЗ	51
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	60
Повний час вимкнення, мс	80
Власний час увімкнення, мс	300
Маса, кг	300
Габаритні розміри вимикача ВБН-27,5 ІІ-20/1600, мм:	
- висота, ширина, довжина, мм	2210×640×60
Номинальна напруга електромагнітів (увм./вим.):	
- постійного струму, В	110, 220
1) вимикального електромагніту:	
- при постійній напрузі 110 В	5
- при постійній напрузі 220 В	2,5
2) вмикального електромагніту:	
- при постійній напрузі 110 В	100
- при постійній напрузі 220 В	50
Температура навколишнього повітря	-45 +40°C
Висота над рівнем моря не більше, м	1000
Відносна вологість повітря при 20°C, не ыльше	80%
Верхнє значення вологості при 25°C, (без конденсації вологи)	98%

Таблиця Г.2 - Технічні параметри **ВБН-35 II-20/1600**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номинальний струм, А	1600
Номинальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	20000 51
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	60
Повний час вимкнення, мс	80
Власний час увімкнення, мс	300
Маса, кг	950
Номинальна напруга електромагнітів (увм./вим.), В:	
- постійного струму 110,А	220
Споживаний струм електромагнітів, А , не більше:	
Електромагніту вимкнення:	
- при постійній напрузі 110 В	5
- при постійній напрузі 220 В	2,5
Електромагніту увімкнення:	
- при постійній напрузі 110 В	100
- при постійній напрузі 220 В	100
Габаритні розміри вимикача:	
- висота, мм	2174
- ширина, мм	695
- довжина, мм	1740
Температура навколишнього повітря від	-45 +40°C
Висота над рівнем моря не більше м;	1000
Відносна вологість повітря при температурі 20°C, не більше	80%
Верхнє значення вологості при 25°C, (без конденсації вологи)	98%

Додаток Д

Вимикачі серії ВБН/ЕЛКО/ДЕ -27,5-25/1000



Рисунок Д.1 - Загальний вигляд вимикача **ВБН/ЕЛКО/ДЕ**

Вакуумний вимикач ВБН/ЕЛКО/ ДЕ-27,5-25/1000, (виробник: „ЕЛКО” (Росія)) призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в електричних мережах з номінальною напругою 27,5 кВ змінного струму частотою 50 Гц. Вакуумний вимикач випущений для тягових підстанцій електрифікованих залізниць триполюсного і однополюсного виконання. Вакуумні вимикачі відповідають вимогам ГОСТу 687-78, ГОСТу 18397-86 і РФ.674152.024 ТУ.

Вакуумний вимикач ВБН в частині дії механічних чинників зовнішнього середовища забезпечує нормальну роботу і нормовані параметри за групою М13 ГОСТ

17516 1-90. Робоче розташування вакуумного вимикача в просторі вертикальне, допустиме відхилення 5° в будь-яку сторону від вертикалі. Вимоги ТБ за ГОСТом 12. 2. 007. 0-75, ГОСТом 12. 2. 007. 3-75.

Гарантійний термін роботи вакуумного вимикача - 5 років з дня введення в експлуатацію. На вимогу замовника вакуумний вимикач комплектується трансформатором струму типу ТОЛ35-У1.

Принцип роботи вакуумного вимикача оснований на гасінні електричної дуги, що виникає при розмиканні контактів у вакуумі. Велика електрична міцність вакуумного проміжку забезпечує надійне гасіння дуги. Гасіння електричної дуги забезпечується вакуумною дугогасильною камерою КДВ 35-25/1600 ІМПБ. 686484. 008ТУ.

Вимкнення вакуумного вимикача проводиться за рахунок енергії електромагнітного привода. При подачі живлення на котушку увімкнення електромагніту, якір через механізм вільного розчеплення і послідовно з'єднану тягу, що зв'язує вал привода і вали полюсів, ізоляційну тягу і вузли підтискання, впливає і замикає контакти у вакуумних камерах. Увімкнене положення вакуумного вимикача забезпечується механічним затвором.

Вимкнення вимикача здійснюється за рахунок пружин привода, розташованих в крайніх полюсах і пружин підтискання вакуумного

вимикача. Електромагніт вимикання вакуумного вимикача діє на скобу механізму вільного розчеплення.

Призначення схеми керування вакуумного вимикача:

- 1) оперативне увімкнення та вимкнення вакуумного вимикача;
- 2) блокування повтору увімкнення та вимкнення вакуумного вимикача, у випадку, якщо команда на включення подана після автоматичного відключення вакуумного вимикача;
- 3) сигналізація положення вакуумного вимикача за допомогою вторинних контактів для зовнішніх допоміжних кіл і для кіл контролю.

Таблиця Д.1 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ДЕ -27,5-25/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	27,5
Найбільша робоча напруга, кВ	30,5
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	25000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Умови експлуатації вакуумних вимикачів ВБН/ЕЛКО/ДЕ-27,5-25/1000:	
- кліматичне виконання УХЛ, категорії розміщення	1
- висота над рівнем моря до, м	1000
- навколишнє середовище вибухобезпечне із вмістом корозійно-активних агентів за ГОСТом 15150-69 (атмосфера типу)	II
- відносна вологість при температурі 20 °С,	80%
- верхнє значення при 25 °С (без конденсації вологи)	98%
- швидкість вітру: м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до 20 мм, до	15
- м/с за відсутності ожеледі, до	40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонталь- ному напрямі в площині полюса до Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витоку зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89 (атмосфера типу)	II

Таблиця Д.2 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ДЕ-27,5-25/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	27,5
Найбільша робоча напруга, кВ	30,5
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	25000 50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Умови експлуатації вакуумних вимикачів ВБН/ЕЛКО/ДЕ - 27,5-25/1600:	
- кліматичне виконання УХЛ, категорії розміщення	1
- висота над рівнем моря до, м	1000
- навколишнє середовище вибухобезпечне із вмістом корозійно-активних агентів за ГОСТом 15150-69 (тип атмосфери)	II
- відносна вологість при температурі 20 °С	80%
- верхнє значення при 25 °С (без конденсації вологи)	98%
- швидкість вітру: м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до мм 20, до	15
- м/с за відсутності ожеледі, до	40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонтальному напрямі в площині полюса до Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89 (атмосфера типу)	II

Таблиця Д.3 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ДЕ-27,5-25/630**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	27,5
Найбільша робоча напруга, кВ	30,5
Номинальний струм, А	630
Номинальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	25000 50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
- кліматичне виконання УХЛ, категорії розміщення	1
- висота над рівнем моря до, м - навколишнє середовище вибухобезпечне із змістом корозійно-активних агентів за ГОСТом 15150-69 (атмосфера типу)	1000 II
- відносна вологість при температурі 20 °С, - верхнє значення при 25 °С, (без конденсації вологи)	80% 98%
- швидкість вітру: м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до мм 20, до - м/с за відсутності ожеледі, до	15 40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонтальному напрямі в площині полюса до Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89	II

Вимикачі серії ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35-25



ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35-25/1000 – вакуумний вимикач, призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в електричних мережах з номінальною напругою 35 кВ змінного струму частотою 50 Гц.

Рисунок Д.2 - Загальний вигляд вимикача **ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35**

Таблиця Д.4 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35-25/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	25000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Умови експлуатації вакуумних вимикачів:	
- кліматичне виконання УХЛ, категорії розміщення	1
- висота над рівнем моря до, м	1000
- навколишнє середовище вибухобезпечне із змістом корозійно-активних агентів (атмосфера типу)	II
- відносна вологість при температурі 20 °С	80%
- верхнє значення при 25 °С (без конденсації вологи)	98%
- швидкість вітру: м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до 20 мм, до	15
- м/с за відсутності ожеледі, до	40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонтальному напрямі в площині полюса до Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89	II

Вимикачі серії ВБН/ЕЛКО/ДЕ -35-25

ВБН/ЕЛКО/ДЕ -35-25/1600



Рисунок Д.3 - Загальний вигляд вимикача **ВБН/ЕЛКО/ДЕ -35**

- вакуумний вимикач, призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в електричних мережах з номінальною напругою 35 кВ змінного струму частотою 50 Гц. Вакуумний вимикач зроблений для експлуатації у відкритих і закритих РУ об'єктів енергетики і для розподільних пристроїв електротермічних установок. Передбачено триполюсне і однополюсне виконання цього вакуумного вимикача.

Вакуумні вимикачі ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35-25/1600 відповідають вимогам ГОСТу 87-78, ГОСТу 8397-86 і РФ.674152.024 ТУ.

Вакуумний вимикач за частиною дії механічних чинників зовнішнього середовища забезпечує нормальну роботу і нормовані параметри за групою М13 ГОСТ 17516.1-90. Робоче положення вакуумного вимикача в просторі вертикальне, допустиме відхилення 5° в будь-яку сторону від вертикалі. Вимоги ТБ за ГОСТом 12.2.007.0-75, ГОСТом 12.2.007.3-75. Гарантійний термін роботи вакуумного вимикача - 5 років з дня введення в експлуатацію.

Принцип роботи вакуумного вимикача оснований на гасінні електричної дуги, що виникає при розмиканні контактів у вакуумі. Велика електрична міцність вакуумного проміжку забезпечує надійне гасіння дуги. Гасіння електричної дуги забезпечується російською вакуумною дугогасильною камерою КДВ 35-25/1600 УХЛ1.

Вмикання вакуумного вимикача ВБН/ЕЛКО/ДЕ-35-25/1600 відбувається за рахунок енергії електромагнітного привода. При подачі напруги на котушку електромагніту увімкнення якір через механізм вільного розчеплення і послідовно сполучену тягу, що зв'язує вал привода і вали полюсів, ізоляційну тягу і вузли підтискання впливає і замикає контакти у вакуумних камерах. Увімкнене положення вакуумного вимикача забезпечується механічною скобою.

Вимикання вимикача здійснюється за рахунок пружин привода, розташованих в крайніх полюсах і пружин підтискання вакуумного вимикача. Електромагніт вимикання вакуумного вимикача може також діяти на скобу механізму вільного розчеплення.

На вимогу замовника вакуумний вимикач ВБН комплектується трансформатором струму типу ТОЛ35-У1.

Таблиця Д.5 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ДЕ -35-25/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	25000 50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Маса, кг	500
Умови експлуатації вакуумного вимикача ВБН/ЕЛКО/ДЕ -35-25/1600:	
- кліматичне виконання УХЛ, категорія розміщення	1
- висота над рівнем моря до м - навколишнє середовище невибухонебезпечне із вмістом корозійно-активних агентів за ГОСТом 15150-69 (атмосфера типу)	1000 II
- відносна вологість при температурі 20 °С - верхнє значення при 25 °С, (без конденсації вологи);	80% 98%
- швидкість вітру: м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до 20 мм, до - м/с за відсутності ожеледі, до	15 40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонтальному напрямі в площині полюса до, Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витоку зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89	II

Вимикачі вакуумні серії ВБН

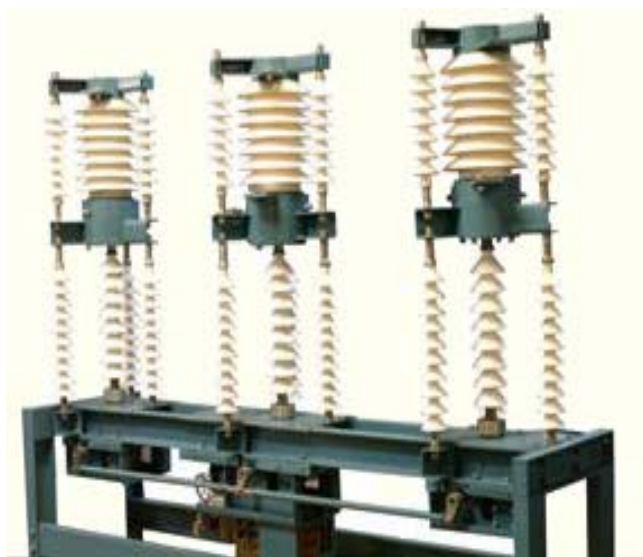


Рисунок Д.4 - Загальний вигляд вимикача
ВБН/ЕЛКО/ТП-35

Вакуумний вимикач ВБН/ЕЛКО/ТП-35-25/1600, служить для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в електричних мережах з номінальною напругою 27,5 кВ і 35 кВ змінного струму частотою 50 Гц.



Рисунок Д.5 - Загальний вигляд вимикача
ВБНТ-35-20/ 630 У1

Вакуумний вимикач ВБНТ-35-20/630 У1 призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму напругою 35 кВ з ізолюваною або компенсованою нейтраллю. Вимикач має вбудовані трансформатори струму, привод пружинний побічної дії.

Гарантійний термін – 5 років з дня введення вимикача в експлуатацію.

Таблиця Д.6 - Технічні параметри **ВБН/ЕЛКО/ТП -35-25/1600**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номинальний струм, А	1600
Номинальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номинальному струмі, - при струмі КЗ	25000 50
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	50
Власний час увімкнення, мс	200
Маса, кг	500
Умови експлуатації вимикачів:	
- кліматичне виконання УХЛ, категорія розміщення	1
- висота над рівнем моря до м - навколишнє середовище вибухобезпечне із змістом корозійно-активних агентів за ГОСТом 15150-69 (атмосфера типу)	1000 II
- відносна вологість при температурі 20 °С - верхнє значення при 25 °С, (без конденсації вологи);	80% 98%
- швидкість вітру: до м/с за наявності ожеледі при товщині кірки льоду до 20 мм; - до м/с за відсутності ожеледі	15 40
- натягнення проводів і вітрове навантаження в горизонтальному напрямі в площині полюса до Н (50 кгс)	500
- довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції відповідає ступеню забруднення за ГОСТом 9920-89	II

Таблиця Д.7 - Технічні характеристики **ВБНТ-35–20/ 630 У1**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі	7500
Електродинамічна стійкість, кА	52
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	70
Власний час увімкнення, мс	60
Маса, кг	950
Маса вимикача вказана без масла	
Габаритні розміри, мм:	
- висота, мм	1900
- ширина, мм	960
- довжина, мм	1900
Випробувальна напруга промислової частоти (однохвилинна), кВ	95
Випробувальна напруга повного грозового імпульсу, кВ	190
Номінальна напруга електромагніту (вмикального і вимикального):	
- постійного струму 110, В	220
Споживаний струм електромагнітів, А, не більш:	
Вимикального електромагніту:	
- при постійній напрузі 110 В	5
- при постійній напрузі 220 В	2,5
Вмикального електромагніту:	
- при постійній напрузі 110 В	5
- при постійній напрузі 220 В	2,5
Висота над рівнем моря не більше, м	1000
Температура навколишнього повітря, °С	-45+40
Відносна вологість повітря при температурі 20°С, до	80%
Верхнє значення при 25°С, (без конденсації вологи)	98%

Додаток Е

Вимикачі серії ВБТЕ-м-10-20



Рисунок Е.1 - Загальний вигляд
вимикача **ВБТЕ**

Вакуумний вимикач внутрішнього встановлення серії ВБТЕ-м-10-20/1000 (виробник - Уфимский завод «Электроаппарат», Росія) призначений для комутації в нормальних і аварійних режимах роботи електричних кіл трифазного змінного струму номінальною напругою 10 кВ і промисловою частотою 50 і 60 Гц.

Таблиця Е.1 - Технічні параметри **ВБТЕ-м-10-20/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	100
Маса, кг	106
Умови експлуатації вимикача:	
- висота над рівнем моря до, м	1000
- діапазон робочих температур повітря °С (при температурах нижче - 25 °С потрібний підігрів)	+ 55- 45
- відносна вологість повітря (при температурі 20°С)	80%
- максимально допустима відносна вологість повітря (при t=25°С).	100%
Безструмова пауза при АПВ, не менше	0,3
Габаритні розміри: мм (довжина,ширина, висота)	612×550×738
Гарантійний термін з дня введення в експлуатацію: років	5

Таблиця Е.2 - Технічні параметри **ВБТЕ-м-10-20/630**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	100
Маса, кг	106
Умови експлуатації вимикача:	
- висота над рівнем моря до, м	1000
- діапазон робочих температур повітря °С (при температурі нижче - 25 °С потрібний підігрів)	+ 55 - 45
- відносна вологість повітря (при температурі 20°С)	80%
- максимально допустима відносна вологість повітря (при t=25°С).	100%
Безструмова пауза при АПВ, не менше:	0,3
Габаритні розміри: мм (довжина (глибина, ширина, висота)	612×550×738
Гарантійний термін з дня введення в експлуатацію: років	5

Таблиця Е.3 - Технічні параметри **ВБТЕ-м-10-31,5/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	30000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА/ с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	100
Маса, кг	106
Умови експлуатації вимикача:	
- висота над рівнем моря до, м	1000
- діапазон робочих температур повітря °С (при температурі нижче - 25 °С потрібний підігрів)	+ 55- 45
- відносна вологість повітря (при температурі 20°С);	80%
- максимально допустима відносна вологість повітря (при t=25°С)	100%
Безструмова пауза при АПВ, не менше:	0,3
Габаритні розміри: мм (довжина (глибина, ширина, висота)	612×550×738
Гарантійний термін з дня введення в експлуатацію: років	5

Таблиця Е.4 - Технічні параметри **ВБТЕ-м-10-31,5/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА/ с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	100
Маса, кг	106
Умови експлуатації вимикача:	
- висота над рівнем моря до м	1000
- діапазон робочих температур повітря °С (при температурі нижче - 25 °С потрібний підігрів)	+ 55 - 45
- відносна вологість повітря (при температурі 20°С)	80%
- максимально допустима відносна вологість повітря (при t=25°С)	100%
Безструмова пауза при АПВ, не менше:	0,3
Габаритні розміри: мм (довжина (глибина), ширина, висота)	612×550×738
Гарантійний термін з дня введення в експлуатацію: років	5

Таблиця Е.5 - Технічні параметри **ВБТЕ-м-10-31,5/630**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	30000 50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА/ с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	30
Повний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	100
Маса, кг	106
Умови експлуатації вимикача:	
- висота над рівнем моря до, м	1000
- діапазон робочих температур повітря °С (при температурі нижче - 25°С потрібний підігрів)	+ 55 - 45
- відносна вологість повітря (при температурі 20°С)	80%
- максимально допустима відносна вологість повітря (при t=25°С)	100%
Безструмова пауза при АПВ, не менше	0,3
Габаритні розміри: мм (довжина (глибина), ширина, висота)	612×550×738
Гарантійний термін з дня введення в експлуатацію: років	5

Додаток Ж

Вимикачі серії ВБУ-35



Рисунок Ж.1 - Загальний вигляд вимикача **ВБУ-35**

ВБУ-35 - вакуумний вимикач внутрішнього встановлення, на напругу 35 кВ, попередня модель розробки НПП Елвест (Росія). Вимикач призначений для роботи в умовах частих комутацій (металургійна, нафто-газова, хімічна промисловість). Привод у вимикача вбудований електромагнітний.

Вимикач серії ВБУ-35 оснащено пристроєм обмеження перенапруг, що забезпечує випереджаюче вимикання першої фази. Вимикач не потребує обслуговування протягом всього 25-річного терміну експлуатації, повністю вибухо- і пожежобезпечний.

Таблиця Ж.1 - Технічні характеристики вимикача **ВБУ-35**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	20000 50
Маса, кг	400

Вимикачі серії ВБЦ-35



ВБЦ-35 – попередня розробка НПП Елвест, вакуумний оперативно-захисний вимикач внутрішнього встановлення, призначений для роботи в умовах частих комутацій (наприклад, металургійна промисловість).

Вимикач оснащений вбудованим електромагнітним приводом і пристроєм обмеження перенапруг. Не потребує обслуговування протягом всього 25-річного терміну експлуатації, повністю вибухо- і пожежобезпечний.

Рисунок Ж.2 - Загальний вигляд вимикача **ВБЦ-35**

Таблиця Ж.2 - Технічні характеристики вимикача **ВБЦ-35**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при струмі КЗ	50
Маса, кг	450

Вимикачі серії ВБЧЕ-10-20



Вакуумний вимикач внутрішнього встановлення ВБЧЕ-10-20/1000 (виробник „ЕНЕКО”, Росія) - оснащений вбудованим електромагнітним приводом і призначений для комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму з ізолюваною нейтраллю частотою 50 Гц, з номінальною напругою до 12 кВ.

Рисунок Ж.3 - Загальний вигляд вимикача **ВБЧЕ**

Таблиця Ж.3 - Технічні характеристики **ВБЧЕ-10-20/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	51
Струм термічної стійкості, кА/ с	20(3)
Повний час вимкнення, мс	30
Власний час увімкнення, мс	200

Вимикачі серії ВБЧЕ-10-31,5



Вакуумний вимикач
внутрішнього встановлення
ВБЧЕ-10-31,5/1000 викатного
виконання для використання в
розподільних комірках КРУ
типу К-ХІІ, К-ХХVІ.

Рисунок Ж.4 - Загальний вигляд
вимикача **ВБЧЕ-10-31,5/1000**

Таблиця Ж.4 - Технічні характеристики **ВБЧЕ-10-31,5/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	80
Струм термічної стійкості, кА /с	31,5(3)
Повний час вимкнення, мс	30
Власний час увімкнення, мс	200

Вимикачі серії ВВ/АЕ 10-20



Рисунок Ж.5 - Загальний вигляд вимикача ВВ/АЕ

Вакуумний вимикач ВВ/АЕ 10-20/1000 УЗ (виробник „Альянс – Електроапарат”) внутрішнього встановлення призначений для експлуатації в мережах трифазного змінного струму частотою 50Гц і напругою до 6-10 кВ.

На вимикач встановлюються дугогасильні камери розробки ГУП ВЕІ ім. В.І. Леніна (м. Москва, Росія).

ВВ/АЕ 10-20/1000 УЗ випускається в стаціонарному і викатному виконаннях і може бути встановлений в будь-які типи існуючих комірок.

Привод електромагнітний з контролем кіл котушок електромагнітів.

Таблиця Ж.5 - Технічні характеристики ВВ/АЕ 10-20/1000 УЗ

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	30
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	15
Повний час вимкнення, мс	30
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	38
Габаритні розміри вимикача	
ширина, мм	590
висота, мм	610
довжина, мм	250

Додаток И

Вимикачі серії ВВПК-В-10-20



Рисунок И.1 - Загальний вигляд вимикача **ВВПК-В-10-20**

Вакуумний вимикач ВВПК-В-10-20/1250-У3 (виробник „КАТЕК”) викатного виконання призначений для комутації електричних кіл в мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц при нормальних і аварійних режимах роботи мереж напругою 6-10 кВ.

Вимикач можна використовувати в РУ промислових і мережевих підприємств. ВПК-В-10-20/1250 призначений для монтажу в камери КСО і КРУ. Позначення вимикача з аналогічними характеристиками в стаціонарному виконанні - ВВПК-С-10-20/1250.

Вимикач не потребує регулювань і технічного обслуговування протягом всього терміну експлуатації. Конфігурація контактів забезпечує осьове магнітне поле, що покращує умови для гасіння дуги.

Таблиця И.1 - Технічні характеристики **ВВПК-В-10-20/1250**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	20000 50
Електродинамічна стійкість, кА	50
Струм термічної стійкості, кА /с	20 (4)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	65
Власний час увімкнення, мс	100
Номінальний робочий цикл вимикача	В-0,3с-УВ-180с-УВ
Напруга оперативного струму (змінного або постійного)	110-220

Таблиця И.2 - Технічні характеристики **ВВПК-В-10-20/630**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	50
Струм термічної стійкості, кА /с	20(4)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	65
Власний час увімкнення, мс	100
Номінальний робочий цикл вимикача	В-0,3с-УВ-180с-УВ
Напруга оперативного струму (змінного або постійного)	110-220

Таблиця И.3 - Технічні характеристики **ВВПК-В-10-20/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	50
Струм термічної стійкості, кА /с	20(4)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	65
Власний час увімкнення, мс	100
Номінальний робочий цикл вимикача	В-0,3с-УВ-180с-УВ
Напруга оперативного струму (змінного або постійного)	110-220

Таблиця И.4 - Технічні характеристики **ВВПК-В-10-31,5/1250**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А	1250
Номинальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	20000 50
Електродинамічна стійкість, кА	50
Струм термічної стійкості, кА /с	20(4)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	65
Власний час увімкнення, мс	100
Номинальний робочий цикл вимикача	В-0,3с-УВ-180с-УВ
Напруга оперативного струму (змінного або постійного)	110-220

Таблиця И.5 - Технічні характеристики **ВВПК-В-10-40/2000**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А	2000
Номинальний струм вимкнення, кА	40
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	10000 30
Електродинамічна стійкість, кА	100
Струм термічної стійкості, кА /с	40(4)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	65
Власний час увімкнення, мс	100

Додаток К

Вимикачі серії ВВПЕ-10-20



Рисунок К.1 - Загальний вигляд вимикача **ВВПЕ-10-20**

Вакуумний вимикач ВВПЕ-10-20/1600-УЗ (виробник «Урал-ектротяжмаш», Росія) оснащено електромагнітним приводом постійного струму. Вимикач може бути використаний для заміни малооливних вимикачів серії ВМПЕ 10 без переробки комірок КРУосередків, електричної схеми управління КРУ і елементу викочування. ВВПЕ-10-20/1600 відповідає ГОСТу 68778 і ТУ, узгоджених з Департаментом стратегії розвитку РАО «ЄСР Росії».

Таблиця К.1 - Технічні характеристики **ВВПЕ-10-20/1600 УЗ**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	20000
- при струмі КЗ	50
Електродинамічна стійкість, кА	52
Повний час вимкнення, мс	45
Власний час увімкнення, мс	65
Маса, кг	175

Вимикачі серії ВВК-27,5-20



ВВК-27,5-20/1250-У1 (виробник «КЕМЗ») - однофазний високовольтний вакуумний вимикач, призначений для комутації змінного струму частотою 50 (60) Гц на тягових підстанціях електрифікованих залізниць. Має електромагнітний привод ПЕМУ-200. За вибором дугогасильна камера може бути як російського, так і імпортного виробництва.

Рисунок К.2 - Загальний вигляд вимикача **ВВК-27,5-20**

Таблиця К.2 - Технічні характеристики **ВВК-27,5-20/1250**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	27,5
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	20000 50
Електродинамічна стійкість, кА	52
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	70
Власний час увімкнення, мс	200
Маса, кг	360
Габарити вимикача, мм	730 × 510 × 2500
Кліматичні умови експлуатації вимикача: - температура, °С - висота встановлення над рівнем моря, м	+40 -60 до 1000

Вимикачі серії ВВС-35П-20/1600



Вакуумний вимикач ВВС-35П-20/1600 призначений для комутації електричних кіл в нормальних і аварійних режимах роботи промислових мереж трифазного змінного струму частотою 50 (60) Гц у відкритих і закритих розподільних установках.

Вимикач комплектується вбудованими вимірювальними трансформаторами струму ТБ-35, введення яких можуть бути як фарфоровими так і полімерними.

Рисунок К.3 - Загальний вигляд вимикача **ВВС-35П-20/1600**

Таблиця К.3 - Технічні характеристики **ВВС-35П-20/1600**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	25000 200
Електродинамічна стійкість, кА	52
Струм термічної стійкості, кА /с	20(3)
Власний час вимкнення, мс	40
Повний час вимкнення, мс	80
Власний час увімкнення, мс	150
Маса, кг	830
Габарити вимикача, мм	1910 × 1200 × 1950

Вимикачі серії ВВУС-35П-25/1000



Рисунок К.4 - Загальний вигляд вимикача **ВВУС-35 П-25/1000**

Трифазний вимикач ВВУС-35 П-25/1000 - вакуумний вимикач "сухого" типу. Привод електромагнітний ПЕМУ-500 (220 або 110 В постійного струму). ВВУС-35 П-25/1000 призначений для роботи в електричних мережах змінного струму частотою 50 Гц в нормальних і аварійних режимах.

Вимикач має вбудовані трансформатори струму ТБ-35. Можливі два типи високовольтних введеннь - форфорові або кремній-органічні. Призначений для роботи як у відкритих, так і закритих розподільних установках.

Габаритні розміри вимикача: 2065 × 1200 × 2140 мм (габарити відповідають оливному вимикачу

серії С-35). Кліматичні умови експлуатації: температура від +40 до -60°C, висота встановлення - не більше 1000 м над рівнем моря, кліматичне виконання: УХЛ або Т. Термін служби вимикача - 30 років.

Таблиця К.4 - Технічні характеристики **ВВУС-35П-25/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40.5
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі	20000
Електродинамічна стійкість, кА	63
Струм термічної стійкості, кА /с	25(3)
Власний час вимкнення, мс	40
Власний час увімкнення, мс	150
Маса, кг	910

Вимикачі серії ВВСВ-27,5-25



Рисунок К.5 - Загальний вигляд
вимикача **ВВСВ -27,5**

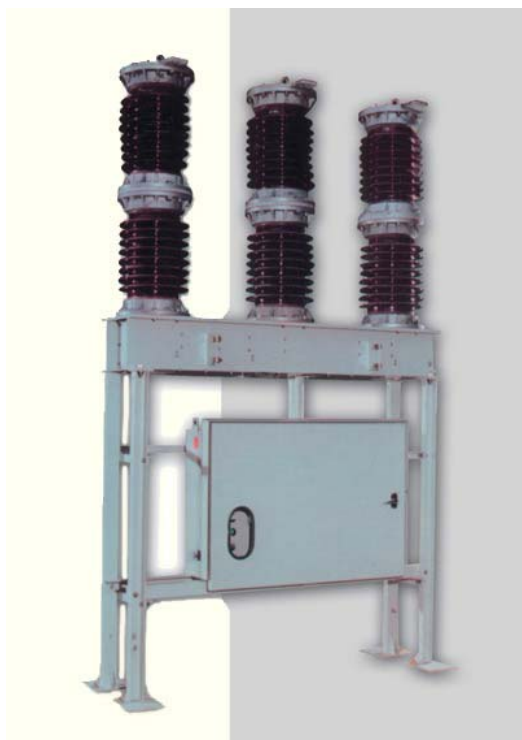
ВВСВ-27,5-25/1600 - вимикач високовольтний вакуумний, призначений для експлуатації на підстанціях електричних мереж залізниць.

Кліматичне виконання - УХЛ, категорія розміщення - 2. Діапазон робочих експлуатаційних температур від +40 до - 60°C

Таблиця К.5 - Технічні характеристики **ВВСВ-27,5-25/1600-УХЛ2**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	27,5
Найбільша робоча напруга, кВ	29
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі	20000
Електродинамічна стійкість, кА	63
Струм термічної стійкості, кА /с	25 (3)
Власний час вимкнення, мс	40
Повний час вимкнення, мс	70
Власний час увімкнення, мс	70
Маса, кг	200
Габарити, мм	500×500×1500

Вимикачі серії ВВСТ 35-25/1600



Вакуумний вимикач зовнішнього встановлення ВВСТ 35-25/1600 складається за технологією фірми Siemens (аналог вимикача марки 3AF01) і з використанням вакуумних дуговасильних камер фірми Siemens, ізоляція фарфорова.

Привод - пружинно-моторний, з двигуном, який може живитися як змінним, так і постійним струмом.

Вимикач ВВСТ 35 може бути додатково укомплектований пристосуваннями для встановлення вимірювальних трансформаторів струму і напруги.

Рисунок К.6 - Загальний вигляд вимикача **ВВСТ 35**

Таблиця К.6 - Технічні характеристики **ВВСТ 35-25/1600-УХЛ1**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Електродинамічна стійкість, кА	62,5
Струм термічної стійкості, кА /с	25 (3)
Маса, кг	880
Випробувальна напруга, кВ	95
Випробувальна напруга грозового імпульсу, кВ	170
Температурний режим експлуатації, °С	-40 +55

Вимикачі серії ВВЕЛ-35



Рисунок К.7 - Загальний вигляд вимикача **ВВЕЛ-35**

Вакуумні вимикачі серії ВВЕЛ-35 внутрішнього встановлення призначені для роботи в електроустановках з частими комутаціями. Випускаються на номінальні струми від 630А до 2500А, номінальні струми вимкнення: 5, 20, 25, 31,5 кА.

Можливе встановлення на вивідних візках для КРУ як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва

Нові вимикачі ВВЕЛ-35, в порівнянні з ВБЦ-35 і ВБУ-35, що випускалися раніше, мають менші масу і габарити за рахунок застосування імпортованих епоксидних ізоляторів, вакуумної камери і нового електромагнітного

привода. Варіанти дугогасильних камер: КДВ-35 (Росія) або зарубіжного виробництва.

Всі встановлювальні розміри і електрична схема вимикача ВВЕЛ-35 в стаціонарному виконанні повністю відповідають моделям комірок КРУ, що раніше випускалися, спрощуючи заміну в них вимикача. Конструкція електромагнітного привода не потребує обслуговування.

Таблиця К.7 - Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-25/1000**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Маса, кг	200

Таблиця К.8 - Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-31,5/1250**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	10000 50
Маса, кг	350

Таблиця К.9 - Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-31,5/2500** для КРУ

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	2500
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	10000 50
Маса, кг	600

Таблиця К.10 - Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-40/1250**

Номінальні параметри	Величини
Номінальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	40
Комутаційний ресурс, циклів УВ: - при номінальному струмі, - при струмі КЗ	10000 50
Маса, кг	350

Таблиця К.11- Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-5/1000**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номинальний струм, А	1000
Номинальний струм вимкнення, кА	5
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Маса, кг	200

Таблиця К.12- Технічні характеристики **ВВЕЛ-35-5/630**

Номинальні параметри	Величини
Номинальна напруга, кВ	35
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5
Номинальний струм, А	630
Номинальний струм вимкнення, кА	5
Комутаційний ресурс, циклів УВ:	
- при номінальному струмі,	50000
- при струмі КЗ	50
Маса, кг	200

Додаток Л

Словник основних термінів

аварійний - disabled	нижній - unde
активний – active	номінальний -rated
важіль - lever	нормальний - norma
вакуум - vacuum	опір - resistance
вал - shaft	параметр - parameter
вигляд - appearance	підвищений - increased
вимикач - circuit breaker	підвісний - pendulous
вимірювальні - measuring	підігрів - heating
вимкнення - contact breaking	підстанція - substation
вихлопний - exhaust	повітря - air
водень- hydrogen	положення - position
вологість - humidity	полюси - pole
вуглець - carbon	потік - torrent
габарит -clearance	привід - drive.
газ - gas	приміщення - lodging
гасіння -extinguishing	принцип - principle
генераторний -generator	пристрій - device
головний -central	провідник - conductor
горіння - burning,	продування - blowing through
градієнт - gradient	проміжок - interval
дугтя – blasting	процес - process
експлуатація -exploitation	пружина - spring
електрична дуга - electric arc	радіальний - radia
електромагнітний - electromagnetic	рама - carriage
збільшення - augmentation	робочий - working
ззовні - from outside	розподільних - distributive
зустрічний - counter	роликовий - roller
ізоляція - isolation	середовище - surroundings
індуктивність - inductance	сила – power
камера - chamber	стійкість - stability
керування – control	струм -current
комутація - commutation	температура - temperature
конструкції - construction	теплопровідність - heat conductivity
контакт - contact	типу - type
мінімальний - minimum	тиск - pressure
міцність - strength	трансформатор - transformer
момент - moment	фаза - phase
надійний - dependable	фіксації - fixation
нерухомий - stationary	характеристика - characteristic

Навчальне видання

**Петро Дем'янович Лежнюк
Віктор Цезарович Зелінський**

**ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК.
ВАКУУМНІ ВИМИКАЧІ**

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено В. Зелінським

Підписано до друку
Формат 29,7x42 $\frac{1}{4}$. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам №

Вінницький національний технічний університет,
науково-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.