

ТЕМА 3.1.

ЕЛЕКТРИЧНА АПАРАТУРА

**І СТРУМОПРОВІДНІ ЧАСТИНИ
РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

Електрична апаратура призначена для передачі параметрів технологічного процесу, керування роботою генераторів, трансформаторів, ліній електропередачі і споживачів електроенергії та захисту їх від пошкоджень. Відповідно розрізняють *комутаційну апаратуру*, що використовують для вмикання і вимикання головних кіл, *апаратуру керування електроприводом, реле і регулятори*, а також *апаратуру для здійснення автоматизації технологічного процесу* (датчики, перетворювачі сигналів тощо).

У цьому розділі розглянемо лише комутаційну апаратуру високої напруги, яка рекомендується для використання в системах сільськогосподарського електропостачання. Основними функціями комутаційної апаратури розподільних пристроїв є:

а) автоматичне вимикання електричного кола у разі порушення нормального режиму роботи (наприклад, під час аварій, спричинених коротким замиканням);

б) неавтоматизоване вмикання і вимикання електричних кіл на певній ділянці, яке виконує за потреби обслуговчий персонал.

Іноді ця апаратура автоматично вмикає резервне джерело енергії або повторно вмикає основне джерело після автоматичного вимикання його. Автоматична апаратура може виконувати обидві функції, а неавтоматична – лише одну.

Апаратуру розрізняють за напругою – *високої і низької напруги*, за струмом – *постійного і змінного струмів*, за ступенем захисту апаратів від навколишнього середовища – *відкриті, захищені, вибухонебезпечні* та іншими характерними ознаками.

Вся електрична апаратура має працювати надійно і точно. Рівень електричної ізоляції струмопроводів між собою і відносно землі визначається робочою напругою апарата і умовами експлуатації (в приміщенні, на відкритому повітрі тощо). Напруга є основним параметром, який істотно впливає на конструкцію електричної апаратури.

8.1. Струмопроводи

Для спільної роботи генераторів, силових трансформаторів і ліній електропередачі їх необхідно електричне об'єднати та забезпечити пристроями для керування і захисту від пошкоджень та ненормальних режимів. Це здійснюється за допомогою *розподільних пристроїв* – електроустановок, в яких об'єднуються електричні кола і розміщуються апарати керування і захисту. Апарати і провідники розподільного пристрою, які відносяться до окремого кола (генератора, силового трансформатора, лінії електропередачі, трансформатора власних потреб та ін.), складають *електричне приєднання*. Всі електричні приєднання одного ступеня напруги з'єднують за допомогою збірних шин, а саме – неізовольованих фазних провідників, закріплених на ізоляторах.

Пристрій, призначений для передачі і розподілу електроенергії, що складається з неізовольованих або ізовольованих провідників і належних до них ізоляторів, захисних оболонок, відгалужувальних пристроїв, підтримувальних і опорних конструкцій, називається *струмопроводом*.

Залежно від виду провідника струмопроводи поділяються на *гнучкі* і *жорсткі*. Жорсткий струмопровід напругою до 1000 В, що виготовляється на заводі і поставляється споживачам комплектними секціями, називається *шинопроводом*.

Шини. У розподільних пристроях напругою понад 1000 В використовуються *круглі, прямокутні і коробчасті* шини, виготовлені з міді, алюмінію або сталі. Здебільшого застосовують алюмінієві шини. У відкритих розподільних пристроях шини виконують багатодротовими сталєалюмінієвими проводами, а в закритих установках – плоскими алюмінієвими (прямокутного перерізу).

Залежно від сили струму шини збирають однією, двома, трьома стрічками в одному пакеті на фазі. Для кращого охолодження шин між стрічками в пакеті зазор є рівним товщині стрічки. Коробчасті перерізи шин

застосовують за струмів, які перевищують 3000 А.

Шини фази *A* фарбують у жовтий колір, *B* – зелений, *C* – червоний. Якщо шини мають значну довжину, то їх окремі ділянки з'єднують гнучкими перемичками – *компенсаторами*.

Ізолятори. Для безаварійної роботи електричної апаратури слід забезпечити надійну ізоляцію струмопроводів між собою і відносно землі. Стійкість ізоляції визначається пробивною напругою (мінімальною напругою, за якої відбувається пробій ізоляції).

Ізолятори, що використовують для електричної апаратури, поділяють на *опорні* і *прохідні*. Для внутрішнього встановлення наші заводи випускають ізолятори, розраховані на напругу до 110 кВ.

Опорні ізолятори внутрішніх електроустановок типу ОФ з овальною, круглою або квадратною основою виготовляють на напругу 6–35 кВ і використовують для кріплення шин та апаратів розподільних пристроїв. На рис. 8.1 а подано ескіз опорного ізолятора типу ОФ-10-375-ПУЗ (опорний, фарфоровий, клас напруги – 10 кВ, мінімальне руйнівне навантаження на згин – 375 даН, П – наявність арматури спеціального типу для кріплення запобіжників, УЗ – кліматичне виконання для роботи у приміщенні).

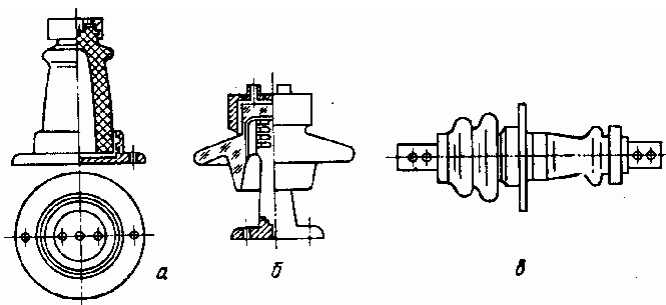


Рис. 8.1. Ескізи ізоляторів:
а, б – опорних; в – прохідного

Опорні ізолятори зовнішніх установок виготовляють

опорно-штирьовими типу ШН із скла на напругу до 20 кВ, типу ОНШ із фарфору на напругу 10–35 кВ, типу ОНС із фарфору на 10–110 кВ і типу ОС на 20–35 кВ. Із ізоляторів ОНШ-35 і ОС-35 на напругу 35 кВ збирають колонки для установок 110 і 220 кВ (відповідно з трьох і п'яти ізоляторів). У районах із підвищеною забрудненістю повітря використовують модифікований ізолятор ОС-1 (наприклад, ОС-1-35) з розвиненою поверхнею ізолювального елемента за рахунок кільцевих ребер. У ізоляторів зовнішнього встановлення для підвищення електричної міцності поверхня більш розвинута, ніж у ізоляторів внутрішніх установок. Для прикладу на рис. 8.1 б показано будову штирьового опорного ізолятора зовнішнього встановлення ШН-10 із скла на напругу 10 кВ, його руйнівне навантаження на згин 490 даН.

Прохідні ізолятори зовнішніх і внутрішніх установок призначені для виводу струмопровідних частин із приміщення і для прокладки шин через стіни і перекриття, для вводу електричного апарата й обладнання. Ці ізолятори проводять струмопровідні частини апаратів або розподільних пристроїв через частини, що мають потенціал землі. Найбільш поширеними в розподільних пристроях є прохідні ізолятори типу ИП на напругу 6–35 кВ і струм 250–1600 А.

Якщо одна частина прохідного ізолятора працює на повітрі, а інша в маслі (наприклад, у силових трансформаторах і бакових масляних вимикачах), то його виготовляють не- симетричним. Частина, що знаходиться на повітрі, більш розвинута і довша, оскільки електрична міцність повітря значно менша ніж трансформаторного масла. На рис. 8.1 в показано будову ізолятора ИП-10/400-750 (ізолятор прохідний на напругу 10 кВ, номінальний струм 400 А, мінімальне руйнівне навантаження – 750 даН).

Прохідні ізолятори, одна частина яких працює на відкритому повітрі, а інша – в приміщенні закритого або комплектного розподільного пристрою, також несиметричні.

Фарфоровий корпус їх несиметричний: та частина, що розташована в приміщенні, подібна до ізоляторів внутрішнього встановлення, а зовнішня більша за розміром і розгалужена.

На напругах від 110 до 1000 кВ і струмах до 2000 А широко використовують маслonaповнені вводи (наприклад, ГБМТ-110/1000, БМТ-110/1000), у них порожнина між фарфором і струмопровідним стрижнем заповнена трансформаторним маслом.

8.2. Електричні контакти

Із струмопровідних частин електричних апаратів і розподільних установок загалом найвищі вимоги висувають до електричних контактів. За умовами роботи контактні з'єднання поділяють на дві великі групи – *рухомі* і *нерухомі* контакти. Контактні з'єднання обох груп мають надійно, без перегрівання працювати в умовах нормального режиму і мати певну термічну і електродинамічну стійкість у режимі короткого замикання.

Між поверхнями контактних з'єднань, що стикаються, існує перехідний опір. У разі проходження струму в перехідному опорі виділяється теплота, яка нагріває контакт. Якщо перехідний опір збільшується, то це призводить до збільшення кількості теплоти, що виділяється в ньому, а тим самим і до підвищення температури контакта.

За надмірного нагрівання контактне з'єднання окиснюється, що спричинює ще більше зростання перехідного опору і, отже, ще, більше підвищення температури контакта. Окислення відбувається за температури контакту 70° С. Тому поверхня контактів має бути достатньою для зменшення перехідного опору і розсіювання теплоти. Поверхні контактів завжди нерівні, на них є виступи і заглибини. Зі збільшенням тиску на поверхню виступи деформуються, зменшуючи перехідний опір. За значних струмів контакти покривають сріблом або іншим металом, що добре проводить струм. Контактні з'єднання виготовляють з міді, латуні, алюмінію, сталі. Рухомі контакти, що розмикають електричне коло, часто виготовляють з металокерамічних з'єднань міді з вольфрамом або молібденом і срібла з вольфрамом. Вони поєднують високу

провідність міді або срібла з високою температурою плавлення вольфраму або молибдену. Щоб уникнути місцевого перегрівання, оплавлення і зварювання контактів у разі вмикання і вимикання електричного кола, треба збільшувати швидкість вмикання або розходження контактів.

Нерухомі контакти з'єднання в розподільних установках виконують внакладку, у стик з накладками тощо.

За принципом стикання рухомі контакти можуть бути *плоскими, лінійними і точковими* (рис. 8.2а-в).

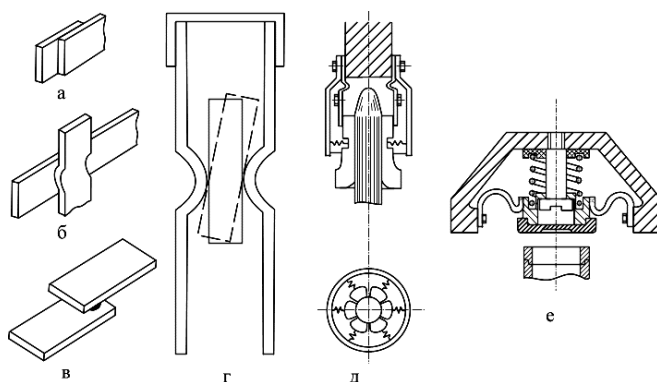


Рис. 8.2. Контакти:

а – плоскі; б – лінійні; в – точкові; г –
врубні; д – розеткові; е – торцеві

Плоскі контакти стикаються широкою поверхнею. Вони мають низку істотних недоліків: несталий перехідний опір, недостатню електродинамічну міцність тощо. Лінійні контакти стикаються лише на вузькій поверхні. Основною їх перевагою є сталий перехідний опір. Оскільки зусилля пружини розподіляється на малій контактній поверхні і досягається високий питомий тиск у контактах, кількість постійних точок надійного дотикання велика.

Лінійні контакти мають високу електродинамічну

стійкість, регулювання їх просте і надійне. Точкові контакти дотикаються в одній або кількох певних точках. Поряд із лінійними їх широко застосовують у сучасних апаратах. У точках дотикання досягається надзвичайно високий питомий тиск, який забезпечує стабільність перехідного опору.

Щодо виконання розрізняють контакти *врубні, розеткові і торцеві* (рис. 8.2г-е). Врубні контакти складаються з ножа (рухомого контакту) і стояка (нерухомого контакту). Вони можуть бути з плоскими, лінійними або точковими стиканнями. У розеткових контактах лінійне дотикання розетки (нерухомого контакту) із стержнем (рухомих контактом). Торцеві контакти можуть бути з плоскими, лінійними або точковими дотиканнями.

Форма і конструкція нерухомих і рухомих контактів різноманітні і залежать від призначення, принципу роботи і конструкції апаратури.

Рухомі контакти, що застосовуються для вмикання і вимикання значних струмів, доцільно виконувати за подвійною контактною системою. Вона складається з робочих і дугогасильних контактів, з'єднаних паралельно. У разі вмикання кола замикаються спочатку дугогасильні контакти, а потім – робочі. У разі вимикання кола, навпаки, спочатку розмикаються робочі, а потім дугогасильні контакти.

Застосування подвійної контактної системи дає можливість виконувати робочі контакти з дуже малим перехідним опором, розраховані на тривалий струм навантаження і короткочасний струм короткого замикання у разі замкнутого кола. Їх розміри визначаються умовами охолодження. Для цих контактів використовується матеріал із високою електропровідністю, дугостійкість для них не має значення. Дугогасильні контакти призначені лише для розриву дуги під час вимикання апарата, їх перехідний опір може бути будь-яким, а розмір – незначним, тому що в нормальному режимі через них проходить незначна частина струму. Матеріал дугогасильних контактів вибирають тугоплавкий, з високою дугостійкістю.

У разі розмикання контактів густина струму різко збільшується внаслідок швидкого зменшення площі стикування контактів. Зростання густини струму спричинює місцеве

перегрівання, а висока температура, в свою чергу, – термічну емісію електронів із металу контактів. Крім цього, у розриву кола між близькими контактами швидко встановлюється напруга мережі і виникає потужне електричне поле. Електрична міцність цього проміжку між контактами недостатня і між контактами може з'явитися електрична дуга. Розмикання електричного кола супроводиться появою електричної дуги, якщо напруга більша від 20 В, а струм перевищує 100 мА.

Під дією високої температури молекули і атоми середовища, в якому горить дуга, розпадаються на електрони і позитивні іони. Іонізоване середовище характеризується високою провідністю, завдяки чому підтримується горіння дуги. Теплота відводиться у навколишнє середовище, а електрони і позитивні іони, зустрічаючись, з'єднуються в нейтральні (за зарядом) молекули і атоми. Якщо деіонізація протікає інтенсивніше, ніж іонізація, то електрична дуга гасне і, навпаки, якщо іонізація інтенсивніша, ніж деіонізація, то дуга горітиме необмежено довго.

Умови дугогасіння в електричних колах постійного і змінного струму істотно різняться між собою.

За постійного струму кількість енергії дуги залишається сталою і не залежить від часу. Дугу можна погасити лише за збільшення відстані між контактами (збільшенні довжини дуги). В електричних апаратах у разі вимикання кола контакти розходяться, увесь час збільшуючи довжину дуги. До того ж, ця довжина збільшується під дією термічного і електричного поля, опір дуги безперервно також збільшується, що призводить до зменшення струму. За певної довжини дуги, більшої за критичну, кількість теплоти, що відбирається від дуги, буде більшою, ніж виділяється в ній електричним струмом, і дуга погасне. У разі гасіння дуги постійного струму виникає е.р.с. самоіндукції, пропорційна швидкості зміни струму й індуктивності кола. Ця е.р.с. створює комутаційну перенапругу, яка може бути небезпечною для ізоляції.

Електричну дугу в колах змінного струму гасити простіше, ніж у колах постійного струму. Струм промислової частоти сто раз за секунду проходить через нульове значення. За нульового значення струму енергія в електричній дузі не

виділяється. Якщо, застосовуючи відповідні методи дугогасіння, відібрати від дуги достатню кількість теплоти, то можна досягти такої деіонізації міжконтактного проміжку, за якої розірветься коло електричного струму.

Процеси гасіння дуги змінного струму можна розділити на дві категорії: гасіння відкритої електричної дуги і гасіння в дугогасильних пристроях. У першому випадку гасіння відбувається без застосування спеціальних пристроїв. При цьому електроди або контакти розміщують так, щоб електродинамічні сили і рухомі потоки нагрітого повітря розтягували дугу. Відкриті дуги гасяться за відносно невеликих напруг і струмів.

Умови гасіння відкритої електричної дуги змінного струму аналогічні умовам гасіння дуги постійного струму. В момент переходу струму через нульове значення відкрита дуга може погаснути. Проте, якщо довжина дуги мала, то деіонізація дугового проміжку недостатня і за появи напруги він відразу пробивається, знову загоряється дуга, яка існує до наступного переходу струму через нульове значення. Потім процес повторюється і електрична дуга може горіти протягом тривалого проміжку часу. Гасіння відкритої електричної дуги змінного струму, як і дуги постійного струму, забезпечується лише тоді, коли її довжина буде не менше від деякого критичного значення.

У разі підвищення напруги до кількох тисяч вольтів, навіть за порівняно невеликих струмів, гасіння відкритої дуги утруднюється і в цьому випадку використовують спеціальні дугогасильні пристрої. Процес гасіння дуги змінного струму в дугогасильних пристроях проходить інакше.

Застосовуючи газове, рідинне або магнітне дуття в зону дуги, вузькі щілини або металеві ґратки, в яких дуга подрібнюється, створюють підсилену деіонізацію дугового проміжку. У разі переходу струму через нульове значення дуга гасне. Коли напруга на проміжку збільшується швидше, ніж підвищується його електрична міцність, то проміжок пробивається і дуга знову загоряється. Якщо ж після переходу струму через нульове значення електрична міцність деіонізованого дугового проміжку залишатиметься вищою, ніж напруга, що відновлюється на цьому проміжку, то дуга погасне.

У більшості сучасних конструкцій дугогасильних пристроїв необхідну для гасіння дуги деіонізацію вдається досягти за один перехід змінного струму через нульове значення.

8.3. Призначення, принцип дії і будова електричної апаратури напругою понад 1000 В

До комутаційної апаратури високої напруги належать роз'єднувачі, короткозамикачі і віддільники, масляні і безмасляні автоматичні вимикачі, вимикачі потужності та запобіжники.

Роз'єднувачами називають високовольні апарати, призначені для включення та відключення ділянок електричного кола під напругою, але без навантаження. Їх використовують для зняття напруги зі струмоведучих частин апаратів або збірних шин, для створення видимого розриву під час ремонтних робіт, змін схеми розподільного пристрою (наприклад у разі переходу з однієї системи шин на другу).

Контактна система роз'єднувачів не має дугогасильних пристроїв, тому відключення роз'єднувачами робочих струмів навантаження категорично заборонено (оскільки при цьому виникне електрична дуга, що може призвести до перекриття сусідніх фаз та аварії). Як виняток, роз'єднувачами можливо комутувати вимірювальні трансформатори напруги, невеликі силові трансформатори в режимі холостого ходу.

Конструктивно роз'єднувачі виконують однополюсними та триполюсними для внутрішнього чи зовнішнього встановлення напругою 6 кВ і вище. Роз'єднувачі внутрішнього встановлення мають ножі вертикально-рублячого типу, зовнішнього встановлення – поворотного типу, що замикаються в площині, перпендикулярній осям опорних ізоляторів. Роз'єднувачі можуть бути без заземлюючих ножів, з одним (встановлюється з будь-якого боку полюса) та двома

заземлювальними ножами на кожному полюсі.

Триполюсний роз'єднувач вертикально-рублячого типу на напругу 6–10 кВ (рис. 8.3а) призначений для внутрішнього встановлення та складається зі сталюї рами 8, на якій встановлені ізолятори 7 та 3 відповідно з нерухомими та рухомими контактами 6 і 5. Останні фарфоровими тягами 4 з'єднані з валом 2, на кінці якого закріплений важіль 1 для тяги приводу. Для керування роз'єднувачем застосовують ручний привід (рис. 8.3б) за включеного положення якого рукоятка 12 знаходиться зверху, за відключеного положення – внизу. Сигналізація положення роз'єднувача передбачена за допомогою допоміжних контактів 9, які переключаються важелем 10 та тягою 11, що з'єднані з приводом.

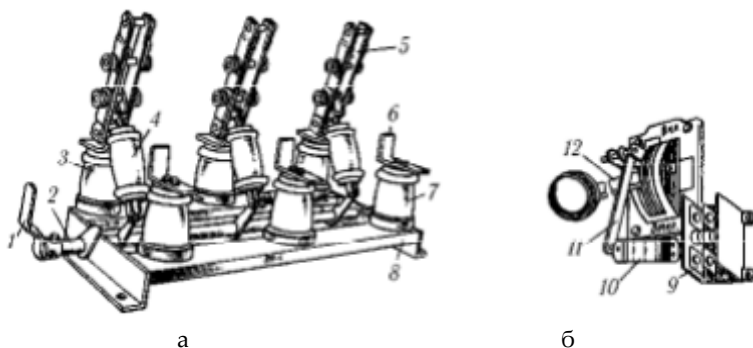


Рис. 8.3. Триполюсний роз'єднувач вертикально-рублячого типу на напругу 10 кВ (а) та його привод (б)

Роз'єднувачі горизонтально-поворотного типу на напругу 35, 110, 220 кВ призначені для зовнішнього встановлення. Вони можуть бути виконані із заземлювальними ножами або без них. Роз'єднувач серії РНД з двома заземлювальними ножами (РНДЗ- 2) складається з рами 1 (рис. 8.4), яка виготовляється з швелера, та встановленими на ній опорними ізоляторами 4 та 11 (обертання ізоляторів забезпечують підшипники). Міжполюсний зв'язок здійснюється за допомогою тяг 18, які з'єднані важелями 12. Контактна система роз'єднувача складається з ножових рухомих контактів 8 та 10 з мідними ламелями 9 (на ножовому контакті 8), які мають плоскі пружини, та затискачів 5 (для приєднання ошиновки розподільного пристрою). Керування роз'єднувачем забезпечується за допомогою приводу ПРН-220М, вертикальна вісь 14 якого та вісь 13 крайнього ізолятора з'єднані трубою. Привід при- водиться в дію рукоятками 15 та 16.

Приводи роз'єднувачів можуть бути ручними (важільні серії ПР (ПР-3) та з черв'ячною передачею серії ПЧ (ПЧ-50), із застосуванням електродвигунів серії ПД).

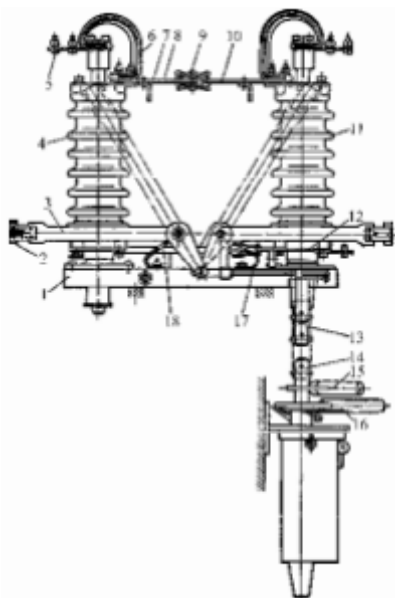


Рис. 8.4. Роз'єднувач горизонтально-поворотного типу на напругу 35 кВ для зовнішнього встановлення

Короткозамикачі та віддільники використовують у спрощених схемах трансформаторних підстанцій (див. нижче) для автоматичного відключення пошкодженого трансформатора від живлячої мережі.

Короткозамикачі призначені для створення штучного короткого замикання в мережах 35, 110 та 220 кВ. В установках напругою 35 кВ застосовують двополюсні короткозамикачі, тому що мережі напругою 35кВ працюють із ізольованою нейтраллю (або з нейтраллю, заземленою через дугогасильну котушку) і для відключення головного вимикача необхідно створити двофазне коротке замикання. У мережах напругою 110 кВ, що працюють із глухозаземленою нейтраллю, застосовують однополюсні короткозамикачі (тут достатньо з'єднати із землею одну з фаз для створення аварійного режиму та послідовного відключення живлячої лінії).

Короткозамикач КЗ-110 (рис. 8.5) складається зі зварної

рами 4, на якій встановлена колонка з трьох ізоляторів 3 з нерухомим контактом 2 та екранувальним кільцем 1. Ніж 12 коротко- замикача виготовлений з сталеві труби, в верхній частині перед- бачений мідний контакт. Рама та ніж електрично з'єднані за допомогою гнучкого зв'язку. Ніж закріплений на валу, який з'єднаний двоплечим важелем 11 з приводом 8, тягою 9 з ізолювальною вставкою 10. Короткозамикач встановлений на ізоляторах 5, його ніж з'єднаний із заземлювальним пристроєм шиною 6, яка пропущена через спеціальний трансформатор струму 7 (ТШЛ-0,5).

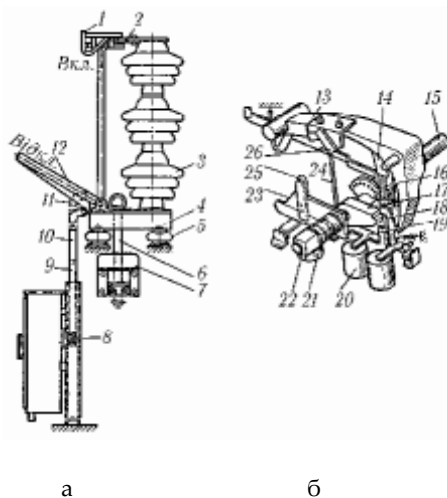


Рис. 8.5. Короткозамикач КЗ-110 (а) та його привід (б):
 1 – екранувальне кільце; 2 – нерухомий контакт; 3 – колонка;
 4 – зварна рама; 5 – ізолятор; 6 – шина, що з'єднує
 короткозамикач із землею; 7 – трансформатор струму; 8 – привод; 9,
 24 – тяги;
 10 – ізолювальна вставка; 11, 13, 17, 23, 25 – важелі; 12 – ніж; 14, 19,
 26 – планки; 15 – вал; 16 – утримувальна стійка; 18 – защіпка;
 20 – електромагніт відключення; 21 – блокувальне реле; 22 – втулка

Для включення короткозамикача комутують коло електромагніту відключення миттєвої дії через пристрої релейного захисту чи контакти ключа керування. Привід (рис. 8.5б) коротко- замикача оснащений пружиною, яка забезпечує включення ножа на нерухомий контакт, що знаходиться під напругою. Відключають короткозамикач вручну.

Віддільник призначений для автоматичного відключення пошкодженої ділянки лінії чи силового трансформатора у безструмову паузу (безструмова пауза виникає після спрацювання короткозамикача і знеструмлення живлячої лінії засобами релейного захисту), комутації ділянок лінії та елементів схеми, з яких знята напруга, та ємнісних струмів ненавантажених ліній і струмів холостого ходу трансформаторів. Віддільники виготовляють на напругу 35, 110 та 220 кВ на базі роз'єднувачів серії РНД відповідної напруги.

Віддільник ОД-110/600 (рис. 8.6) виконаний у вигляді двоколонкового апарата з обертанням ножів у горизонтальній площині. Ізоляційні колонки 3 встановлені на підшипниках, які вбудовані в цоколь 9. До верхньої частини ізоляційних колонок прикріплені головні контактні ножі 6, на одному з яких встановлені контактні ламелі 7. Контактні виводи 4 з'єднані з головними контактними ножами 6 за допомогою гнучких зв'язків 5 із стрічкової міді. Відключення віддільника відбувається за рахунок енергії, що накопичується одночасно з включенням віддільника в двох пружинах стиснення, які встановлені на міжколонковій тязі та закритих зверху захисним кожухом 8. Зусилля від приводу 1 на включення віддільника передається через систему важелів 2. Віддільник включають вручну, а відключають дистанційно та автоматично.

Приводи короткозамикачів (ПРК-1) та віддільників (ПРО-1) призначені для включення короткозамикачів та відключення віддільників автоматично та дистанційно від засобів захисту або з місця встановлення, а також для відключення короткозамикача та включення віддільника вручну.

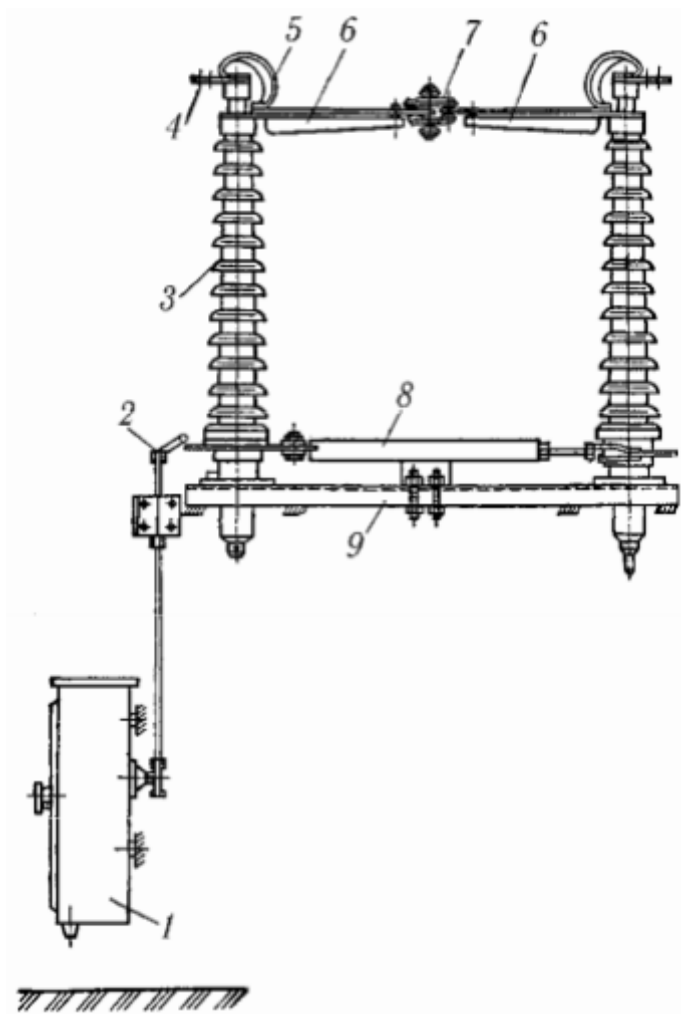


Рис. 8.6. Віддільник ОД-110/600

На підстанціях 35 кВ та вище широко застосовують замість вимикачів схеми з віддільниками та короткозамикачами (рис. 8.7). Це дозволяє використовувати більш просту та дешеву апаратуру, значно зменшувати витрати на будівництво підстанцій.

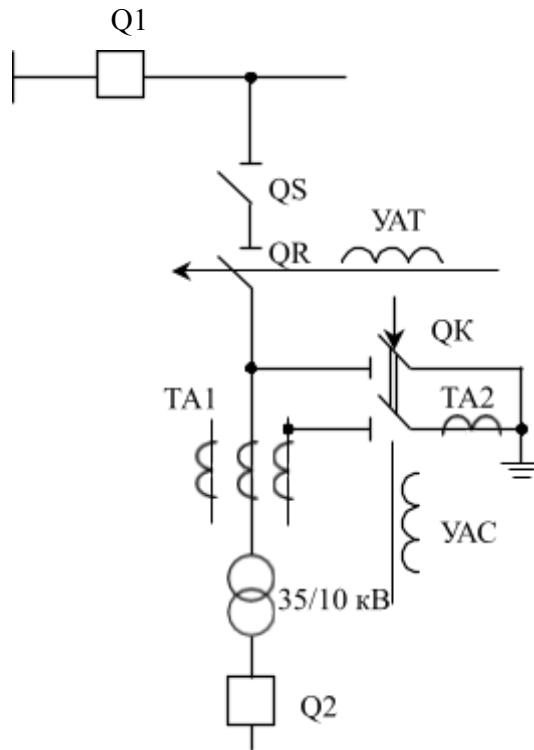


Рис. 8.7. Схема спрощеної трансформаторної підстанції 35/10 кВ із віддільником та короткозамикачем

Схема автоматичного керування віддільником та короткозамикачем, показана на рис. 8.8, дозволяє відключати трансформатор від живлячої лінії напругою 35 кВ у разі спрацювання максимального струмового захисту МТЗ-М або газового захисту КSQ. У разі замикання контактів К1 або К2 захисту МТЗ-М або контактів КSQ газового реле від батареї конденсаторів СВ1 спрацює електромагніт УАС і короткозамикач QK вмикається. Таким чином здійснюється штучне коротке замикання.

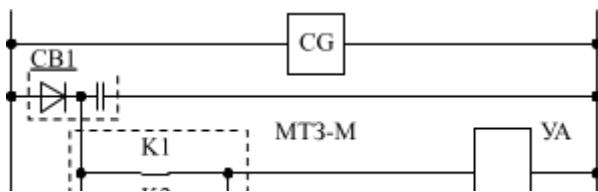
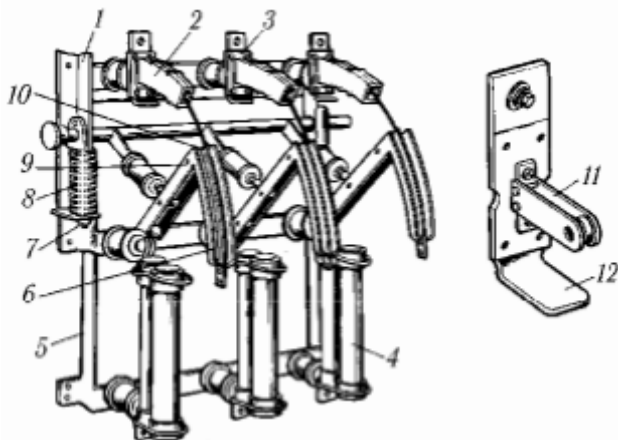


Рис. 8.8. Схема автоматичного керування віддільником та короткозамикачем

Короткозамикач під час включення замикає свої контакти QK і батарея конденсаторів СВ2 заряджається. Контакти КВТ блокувального реле (на схемі не показане), яке включене в коло трансформатора струму ТА2, будуть розімкнені доти, доки лінія не знеструмиться. Відключення лінії створює безструмову паузу, контакти КВТ замикаються, проміжне реле KL спрацює від батарей конденсаторів СВ3 та СВ4 і замикає свої контакти KL. У результаті батарея конденсаторів СВ4 розряджається через електромагніт УАТ і віддільник QR відключається. Це фіксує вказівне реле КН. Батарея конденсаторів СВ2 та резистор R створюють витримку часу на спрацювання реле KL. Віддільник QR можна відключати оперативно кнопкою SB, якщо навантаження на боці низької напруги трансформатора повністю зняте.

Вимикачі навантаження ВН-16, ВНП-16, ВНП-17 відносяться до автогазових вимикачів (рис. 8.9). Вимикачі навантаження ВН-16 виготовлені на базі триполюсних розмикачів РВ-10/400 та призначені для внутрішньої установки. Так само, як і роз'єднувачі, вони забезпечують видимий розрив кола. Проте, роз'єднувачі не можуть вимикати струми навантаження, і цим вони відрізняються від вимикачів навантаження.



6

ВНП-16 із запобіжниками ПК-10:

1, 5 – рами вимикача та запобіжників; 2 – дутогасильна камера;
3 – нерухомий контакт; 4 – високовольтний запобіжник; 6 –
скоби

кріплення дугогасильного ножа; 7 – буферні гумові шайби;
8 – пружина відключення; 9 – ніж рухомого контакту; 10 – дугогас-
ний ніж; 11 – півсферичний наконечник; 12 – стійка основного
контакту

Дугогасні камери виконують із термостійкої пластмаси. Вони мають дугоподібну форму, тому рухомі дугогасні контакти легко входять у камери. У разі включення вимикача спочатку замикаються дугогасні контакти, потім – головні контакти. Процес вимкнення проходить навпаки – спочатку розмикаються головні, а потім дугогасні контакти. У вимкненому положенні рухомий дугоподібний контакт утворює видимий розрив з дугогасною камерою.

Якщо до вимикача навантаження ВН підключити силові високовольтні запобіжники типу ПК, то використовувати такий вимикач можна значно ширше. Вимикач навантаження, конструктивно доповнений трьома запобіжниками, утворює апарат типу ВНП. Його функціональні властивості при цьому розширюються: він

здатний відключати струми перенавантаження та струми короткого замикання в силових колах. При цьому комутування робочих струмів здійснюється за допомогою вимикача, а відключення струмів короткого замикання – плавкою вставкою запобіжників ПК.

Вимикач ВНП-17 являє собою конструктивний варіант вимикача ВНП-16 і відрізняється від нього тим, що має механізм автоматичного відключення у разі спрацювання запобіжників.

Для виконання заземлення установки під час відключень, вимикачі навантаження можуть бути обладнані ножами заземлення, що приварюються до окремого валу. У такому виконанні вимикачі навантаження позначаються ВНПз-16 або ВНПз-17. Ножі заземлення встановлюються зверху або знизу вимикача навантаження. Вали ножів заземлення і вимикача зв'язані блокуванням, завдяки якому не можна включити ножі заземлення за включеного вимикача. Операції із заземлювальними ножами можна виконувати тільки за цілком відключеного вимикача навантаження.

Керування ножами заземлення здійснюється окремими ручними приводами ПР-1 або ПР-2, а керування вимикачем навантаження – приводами ПР-17 або приводами ПРА-12 чи ПРА-17 з дистанційним (автоматичним) відключенням (обладнані електромагнітами відключення).

Вимикачі навантаження серії ВН-10 також забезпечують гасіння дуги за допомогою камер із газогенерувальними вкладишами. Їх комплектують ручними приводами (ВНР- 10), запобіжниками, призначеними для захисту електричних мереж від струмів коротких замикань та розташованими зверху або знизу вимикачів (ВНРп-10), із заземлювальними ножами, розташованими перед (ВНРп-10з) або за (ВНРп-10зп) запобіжниками.

Вимикач навантаження ВНР-10/400-10з показаний на рис. 8.10, складається зі зварної рами 1, на якій встановлені шість опорних ізоляторів 2. На нижніх ізоляторах закріплені контакти 3 з основними ножами 4, а на верхніх – головні 6 і дугогасні контакти, що закриті дугогасними камерами. Рух від вала вимикача до ножів передається за допомогою важеля 8 та ізоляційної тяги 7. Спеціальні пружини 13, обладнані амортизаційними гумовими шайбами 14, забезпечують не-

Для включения вимикача його вал 15 обертається (у

разі переміщення рукоятки важеля включення приводу знизу догори) і за допомогою ізоляційних тяг включає контактні ножі. У разі відключення вал обертається під дією пружин відключення (переміщенням важеля відключення згори вниз або дистанційно від кнопки відключення) і через ізоляційні тяги спочатку розмикає головні, а потім дугогасні контакти, які розмикаються в дугогасних камерах.

Вимикач може бути обладнаний пристроєм для його відключення у разі спрацювання запобіжника 17 (рис. 8.10б,в), який зв'язує вал 15 вимикача з допоміжними контактами 20 за допомогою тяги 12, що закріплена до валу хомутами 23. Прапорець 16 у разі перегорання запобіжника 17 через тягу 18, релейний валик 19 та защіпку 22 діє на ролик контактів 21, які подають команду на відключення вимикача.

Автогазові вимикачі навантаження розглянутих типів монтуються в закритих установках станцій, підстанцій та розподільних пунктів.

Вакуумні вимикачі останнім часом отримали широке застосування, особливо в мережах з порівняно невеликими струмами короткого замикання. Основною частиною їх конструкції є вакуумна камера. Відомо, що електрична міцність вакуумного проміжку (за тиску 10^{-5} – 10^{-6} Па) у багато раз більша, ніж у повітряного проміжку за атмосферного тиску. Цю властивість використовують у вакуумних дугогасних камерах типу КДВ. У разі розмикання контактів площа їх доторкання швидко зменшується, тому температура в точці дотику за рахунок струму, що проходить, різко збільшується, утворюючи місток із розплавленого металу. За дуже короткий час цей місток нагрівається і відбувається випаровування металу. Наявність у міжконтактному проміжку парів металу спричинює виникнення дуги. Внаслідок глибокого вакууму проходить швидка дифузія заряджених частинок у навколишнє середовище. Під час переходу струму через нуль дуга гасне. Приблизно через 10 мкс між контактами відновлюється електрична міцність вакууму. Пари металу осідають на сталевих екранах камери, що зберігають ізоляційний корпус камери від забруднення.

Для зменшення випаровування контактів застосовують контактні наконечники з тугоплавких металів (вольфраму).

Камера КДВ-5 має скляний циліндричний корпус,

усередині якого через верхній фланець входить нерухомий контакт, а через нижній фланець і сильфонне ущільнення – рухливий контакт. Хід рухомого контакту становить всього 4–5 мм. Відкачування повітря з камери провадиться через ніпель, приварений до верхнього фланцю. Тиск у камері 10^{-5} Па. Всі з'єднання частин камери виконуються щільними вакуумними швами. За рахунок випаровування контактів у разі відключення відбувається погіршення вакууму, але якщо контакти виконані з тугоплавкого металу, то камера може витримати велику кількість відключень. Розглянута камера за напруги 10 кВ відключає струм 600 А не менше 500 разів, а струм 200 А – до 30 000 разів. Порівняно невеликий струм відключення не дозволяє застосовувати вакуумні вимикачі для відключення струмів короткого замикання.

Для вакуумних вимикачів розроблені та випускаються також й інші типи дугогасних камер КДВ–12, КДВ–17, КДВ–21.

На основі вакуумних дугогасильних камер КДВ–12 та КДВ–21 створено вимикачі навантаження РМВАК–10/320, ВНВ–10/320, ВНВП–10/320 на 10 кВ, 320 А.

Вимикач ВНВ–10/320 застосовується у комірках комплектного розподільного пристрою, в цьому випадку він монтується на візку, що викочується, (рис. 8.11). Такий вимикач розрахований на струм вимикання 2000 А.

Перевагою вакуумних вимикачів є малі габарити, вибухо-, пожежобезпечність, висока надійність.

Недоліком вакуумних вимикачів є невеликі струми відключення та можливість комутаційних перенапруг у разі відключення малих індуктивних струмів, коли згасання дуги в камері відбувається під час переходу струму через нуль.

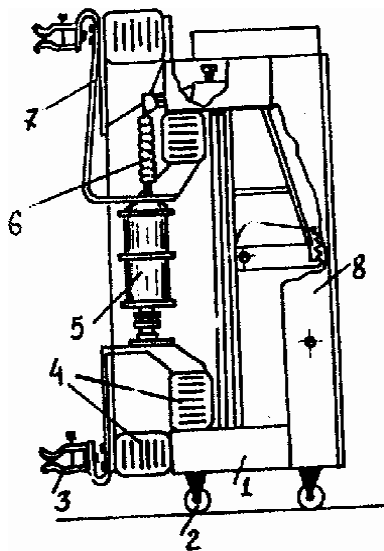


Рис. 8.11. Вакуумний вимикач навантаження ВНВ-10/320:

1 – рама; 2 – ролики; 3 – роз'ємні контакти; 4 – опорні ізолятори; 5 – дугогасна камера; 6 – тяговий ізолятор; 7 – струмопровід

Вакуумні вимикачі серії TEL (BB/TEL) (рис. 8.12) є комутаційними апаратами нового покоління. Випускають на номінальну напругу 10, 24 кВ, номінальний струм – 630, 800, 1000 А. Призначені для встановлення в комірках КРП. В основі принципу дії керування вимикачем покладено використання пофазних електромагнітних приводів з "магнітною защіпкою", механічно зв'язаних спільним валом. Вимикач складається з трьох полюсів із вбудованими електромагнітними приводами, розміщених у спільній основі (рис. 8.13). Якір електромагнітів механічно зв'язаний із загальним валом, на якому встановлений постійний магніт, що керує під час повороту вала загерметизованими контактами для зовнішніх допоміжних кіл. Контакти перемикального типу для зовнішніх допоміжних кіл встановлені на двох монтажних платах, розміщених між полюсами вимикача.

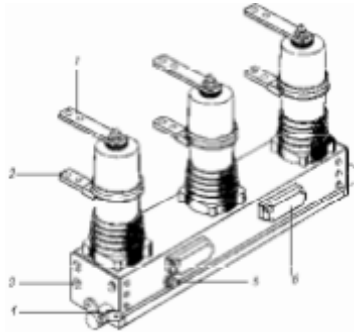


Рис. 8.12. Вакуумний вимикач ВВ/TEL:

1 – підключення №1 до головних кіл; 2 – підключення №2 до головних кіл; 3 – кріплення вимикача; 4 – кріплення кнопки річного відключення і вказівника "ВКЛ-ВІДКЛ"; 5 – заземлення вимикача; 6 – підключення до вторинних кіл

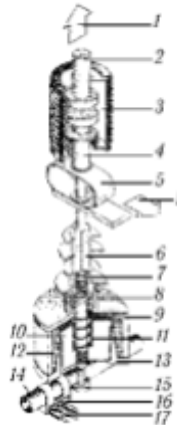


Рис. 8.13. Поліус вимикача серії ВВ/TEL:

1 – знімання струму; 2 – нерухомий контакт; 3 – вакуумна дугогасна камера (ВДК); 4 – рухомий контакт ВДК; 5 – гнучкий струмознімач; 6 – тяговий ізолятор; 7 – піджимна пружина; 8 – верхня кришка; 9 – кільцевий магніт; 10 – якір; 11 – пружина; 12 – котушка; 13 – нижня кришка; 14 – вал; 15 – пластина; 16 – постійний магніт; 17 – геркони (контакти для зовнішніх допоміжних кіл)

Елегазові вимикачі застосовують у розподільних пристроях на 35, 110, 220 кВ. Гасіння дуги в них відбувається в середовищі елегазу, який має високі дугогасні властивості. В цих вимикачах застосовується електромагнітне дуття, що обертає дугу. Контактна система цих вимикачів розташована в фарфоровому корпусі, який герметично закритий та заповнений елегазом.

Розроблені конструкції елегазових вимикачів ВНЕ на напругу 35 та 110 кВ, номінальні струми до 1250 А та струми відключення 31,5 кА.

Перевагами елегазових вимикачів є пожежо- та вибухобезпечність, висока швидкодія.

Запобіжники на напругу понад 1000 В. Високовольтні запобіжники мають те саме призначення і той самий принцип роботи, що і запобіжники до 1000 В.

Запобіжники серії ПК (рис. 8.14) із дрібнозернистим наповнювачем виготовляють на напругу 3; 6; 10; 35 кВ та номінальні струми 400, 300, 200 і 40 А відповідно. Ці запобіжники мають струмообмежувальний ефект, повний час відключення за струмів короткого замикання становить 0,005...0,007 с.

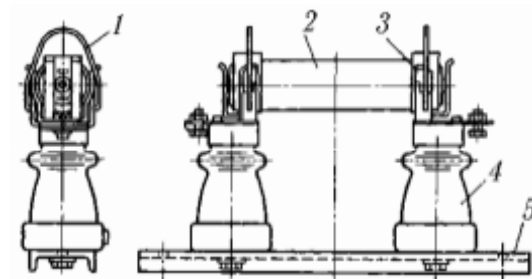


Рис. 8.14. Запобіжник ПК:

1 – замок; 2 – патрон; 3 – контакт; 4 – опорний ізолятор; 5 – цоколь

Патрон запобіжника складається з фарфорової або скляної трубки, армованої латунними ковпачками. Всередині патрона розміщені мідні або срібні плавкі уставки. Для забезпечення нормальних умов гасіння дуги плавкі уставки повинні мати значну довжину і малий переріз. Це досягається застосуванням декількох паралельних уставок 5, намотаних на ребристе керамічне осердя, або, за великих струмів, декількох спіральних уставок (рис. 8.15а,б). Спрацювання запобіжника визначається за вказівником 7, що викидається пружиною з трубки після перегорання сталеві уставки, що нормально утримує пружину в підтягнутому стані. Сталева уставка перегорає після робочих уставок, коли нею проходить весь струм.

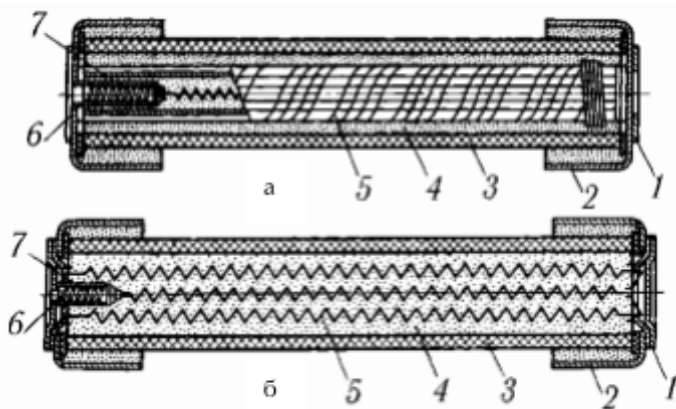


Рис. 8.15. Патрони запобіжників ПК з плавкими вставками: а – на струм до 7,5 А; б – на струм більше 7,5 А;
1 – торцеві кришки; 2 – латунний ковпачок; 3 – фарфорова або скляна трубка; 4 – кварцовий пісок; 5 – плавка уставка; 6 – кульки з олова; 7 – вказівник спрацювання

Патрон запобіжника ПК вставляється в контакти, закріплені на опорних ізоляторах. Залежно від номінального струму у запобіжнику може бути один, два або чотири патрони.

Запобіжники серії ПКТ, застосовується для захисту

трансформаторів напруги, на відміну від ПК мають константову вставку, намотану на керамічне осердя. Показчик спрацювання в них відсутній, про перегорання судять за показаннями приладів, включених у вторинне коло трансформаторів напруги.

Завдяки малому перерізу плавкої вставки запобіжники ПКТ створюють значний струмообмежувальний ефект. Вони можуть бути встановлені в мережі, де потужність короткого замикання. доходить до 1000 МВА, а для деяких типів (ПКТУ – посиленіх) потужність, що відключається, не обмежується.

Запобіжники з автогазовим гасінням дуги виконуються на напругу 10 кВ і вище.

Для відкритих розподільних пристроїв одержали поширення запобіжники типу ПСН, що стріляють (рис. 8.16). Основною частиною запобіжника є газогенерувальна трубка 2, усередині якої розміщений гнучкий провідник 3, з'єднаний із плавкою вставкою 4 і контактним наконечником 1. Паралельно мідній плавкій вставці розміщена сталева 5, що сприймає зусилля пружини, котра намагається витягти гнучкий провідник. Пружина впливає на цей провідник за допомогою контактного ножа, що кріпиться до наконечника 1. Головка патрона 6 і контактний ніж кріпляться на ізоляторах. У разі короткого замикання спочатку розплавляється мідна, потім сталева вставка. Під дією пружини контактний ніж повертається і витягає з трубки гнучкий провідник. Дуга, яка виникла після розплавлення вставок, затягується в трубку, де під дією високої температури дуги інтенсивно виділяється газ. Тиск у трубці досягає 100- 200 Па, створюється інтенсивне подовжне дуття, що гасить дугу. Гасіння супроводжується викидом розігрітих газів і потужного звукового ефекту – пострілом. У зв'язку з цим запобіжники ПСН встановлюються у відкритих РУ таким чином, щоб у зоні вихлипу не було електричних апаратів.

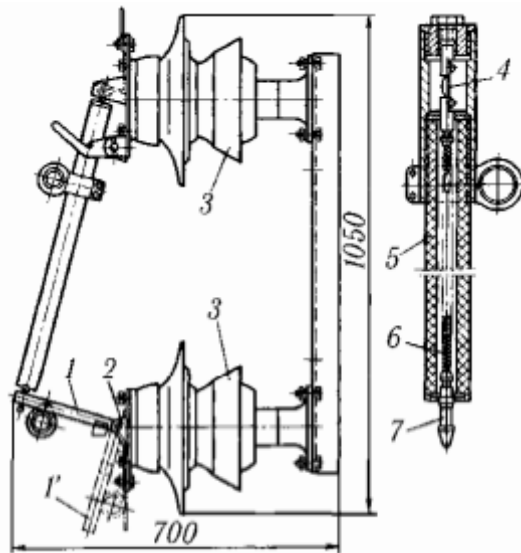


Рис. 8.16. Запобіжник типу ПСН-35 (загальний вигляд та патрон запобіжника):

1 та 1' – контактний ніж; 2 – вісь; 3 – опорний ізолятор; 4 – плавка вставка; 5 – трубка з газогенерувального діелектрика; 6 – гнучкий струмопровід; 7 – наконечник

Плавка вставка в нормальному режимі нагрівається до високої температури. Щоб не відбувалося газоутворення, вставка розміщена не в трубці, а в металевому ковпаку, що закриває один кінець трубки.

8.4. Приводи до комутаційної апаратури

Приводи бувають ручні, вантажні, пружинні, електромагнітні і пневматичні. За дією вони можуть бути автоматичними, напіваавтоматичними і неавтоматичними. Автоматичний привід забезпечує дистанційне вмикання і вимикання апарата,

напівавтоматичний привід може автоматично вмикати або (частіше всього) вимикати апарат. Вмикання і вимикання неавтоматичним приводом можливе лише вручну.

Всі приводи мають механізм вільного роз'єднання. В автоматичних і напівавтоматичних приводах на вмикання фіксатор утримує апарат у ввімкнутому положенні. У разі вимикання апарата фіксатор вибиває вимикальна котушка або реле прямої дії. Таким самим фіксатором утримується пружина або вантаж приводів, які забезпечують вмикання вимикача. На цю заскочку діє вмикальна котушка.

Вантажні приводи набули широкого застосування в сільських електроустановках, але вони мають низку істотних недоліків і тому їх виробництво тепер припинено. Найбільш поширеними в сучасній практиці для керування масляними і безмасляними вимикачами є пружинні й електромагнітні приводи. В пружинних приводах (наприклад, приводі ПП-67) вмикання вимикача здійснюється попередньо стиснутою вмикальною пружиною. Заводить цю пружину автоматичний моторний редуктор (АМР), і вимикачі з такими приводами можуть автоматично або дистанційно вмикатись багаторазово.

Електромагнітні (соленоїдні) приводи вмикають апарати потужним електромагнітом. Вони використовуються для керування потужними вимикачами. Електромагнітні приводи надійні в експлуатації, прості за конструкцією, але споживають значну потужність від мережі постійного струму. Най-більш легкий, сучасний привід ПЕ-П потребує потужності близько 13 кВт, інші – до 170 кВт.

Пневматичні приводи працюють на стисненому повітрі: вони конструктивно прості, мають невеликі розміри, високу швидкість вмикання, а енергія при цьому легко накопичується в простих повітряних резервуарах. Останнім часом їх застосовують навіть у тих електроустановках, у яких немає повітряних вимикачів.

Для вимикачів із потужністю вмикання не більше 200 МВ·А допускається застосування ручних приводів, які використовують також у вимикачах потужності, роз'єднувачах. У сільській енергетиці найбільш поширені

ручні важільні приводи ПР-10, ПРБА і ПРА. Вони прості, надійні, зручні в експлуатації. Істотним їх недоліком є неможливість дистанційного і автоматичного вмикання.

Для керування короткозамикачами призначений напівавтоматичний привод ПГ10-К, що розміщується в шафі. Він має два реле максимального струму миттєвої дії і один вмикальний електромагніт, який виконують на напругу 24, 48, 110, 220 В постійного струму або 127, 220, 380 В змінного струму. Вмикається короткозамикач автоматично від дії релейного захисту, а вимикають його вручну.

Віддільником керують за допомогою приводу ПГ10-0, який конструктивно подібний до приводу ПГ10-К. У шафі, крім напівавтоматичного приводу, розмішують також блокувальне реле. Віддільник під дією останнього автоматично вимикається, а вмикання здійснюють вручну.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які функції виконує електрична апаратура в електричних колах?
2. Яка апаратура належить до комутаційної?
3. Що називається струмопроводом?
4. Що таке шинопровід?
5. Які шини використовують у розподільних

пристроях?

6. Де використовують опорні й прохідні ізолятори?

7. Яке призначення мають робочі й дугогасильні контакти?

8. Які умови гасіння електричної дуги?

9. Які запобіжники використовують у розподільних пристроях?

10. Які типи вимикачів використовують в електроустановках високої напруги?

11. Що таке вимикач навантаження (вимикач потужності)?

12. Яке призначення мають роз'єднувачі?

13. Чому роз'єднувачем не можна вимикати навантаження?

14. Яке призначення мають короткозамикачі і віддільники?

15. Які приводи використовують для керування електричними апаратами?

