

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної і заочної форм здобуття освіти за спеціальностями
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 Професійна освіта
(«Енергетика, електротехніка та електромеханіка»)

Електронний ресурс

Харків – 2025

УДК 621.316(0.75.5)

Е 50

Рецензенти:

Ю. С. Олійник – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія»;

І. С. Варшамова – кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням
Науково-методичної ради Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 7 від 28 лютого 2025 року)*

Е 50

Електрична частина станцій та підстанцій : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної і заочної форм здобуття освіти за спеціальностями 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 015.33 «Професійна освіта» («Енергетика, електротехніка та електромеханіка») [Електронний ресурс] / уклад.: І. В. Пантелєєва, О. М. Пономаренко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. – (PDF 61 с.)

В методичних вказівках до лабораторних робіт представлений лабораторний практикум з восьми лабораторних робіт для здобувачів освіти денної і заочної форм навчання зі спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 015.33 Професійна освіта («Енергетика, електротехніка та електромеханіка») з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій».

УДК 621.316(0.75.5)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2024

© Пантелєєва І. В., Пономаренко О. М.,
уклад., 2024

ЗМІСТ

Загальні положення	5
Лабораторна робота № 1. Вивчення конструкції й принципу дії маломасляних вимикачів	6
Лабораторна робота № 2. Вивчення конструкції й принципу дії повітряних вимикачів	12
Лабораторна робота № 3. Вивчення конструкції й принципу дії електромагнітних вимикачів	19
Лабораторна робота № 4. Вивчення конструкції та принципу дії вакуумних вимикачів	23
Лабораторна робота № 5. Вивчення конструкції й принципу дії роз'єднувачів	28
Лабораторна робота № 6. Вивчення конструкції й принципів дії приводів вимикачів	33
Лабораторна робота №7. Вивчення конструкції й принципу дії вимірювальних трансформаторів струму	42
Лабораторна робота № 8. Оперативні перемикання в головних схемах електростанцій ТЕЦ та КЕС	53
Список використаних джерел	60

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Лабораторні роботи повинні закріпити знання, отримані при вивченні теоретичних розділів дисципліни «Електрична частина електричних станцій і підстанцій» і дати основні відомості про конструктивні особливості апаратів, які застосовуються в електроустановках різних класів напруги. Для полегшення засвоєння матеріалу у відведені навчальним планом час, у лабораторії електричних апаратів установлені зразки електроустаткування.

Обов'язковою умовою успішного виконання лабораторних робіт є домашня підготовка. На початку опису кожної лабораторної роботи сформульовані її мета й дані вказівки по домашній роботі.

По кожній лабораторній роботі студентами оформляються індивідуальні звіти, що включають виконані домашні завдання, а також відповіді на питання (за вказівкою викладача), наведені наприкінці описи кожної лабораторної роботи.

Наприкінці опису кожної лабораторної роботи наведені контрольні питання, на які повинні відповісти студенти при захисті.

Лабораторна робота № 1

Вивчення конструкції й принципу дії маломасляних вимикачів

Мета роботи: Ознайомитись з конструктивними особливостями маломасляних високовольтних вимикачів, виробити вміння аналізувати конструкцію апаратів, їх загальні й одиничні ознаки.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації високовольтних вимикачів і особливості маломасляних вимикачів;

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними відомостями, які приведені в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

Масло в маломасляних вимикачах в основному служить дугогасильним середовищем і тільки частково ізоляцією між розімкнутими контактами. Ізоляція струмоведучих частин друг від друга й від заземлених конструкцій здійснюється порцеляною або іншими твердими ізолюючими матеріалами.

Дугогасильні контакти МВ перебувають у сталевому бачку (горщику). Маломасляні вимикачі напругою 35 кВ і вище (випускаються вони на напруги до 220 кВ включно) мають порцелянові корпуси.

Найбільше застосування одержали МВ горшкового типу з одним або двома сталевими бачками (горщиками) на полюс.

Основні переваги маломасляних МВ:

- невелика кількість масла;
- відносно мала маса;
- більш зручний, чим у бакових МВ, доступ до дугогасильних контактів;
- можливість створення серії МВ на різну напругу із застосуванням уніфікованих вузлів.

Недоліки маломасляних МВ:

- вибухо- і пожежонебезпека, хоча й значно менша, чим у бакових МВ;
- відносно мала здатність до відключення;
- необхідність періодичного контролю, долівки й щодо частой заміни масла в бачках.

Маломасляні вимикачі з одним дугогасильним розривом на полюс

ДО МВ горшкового типу з одним розривом на полюс ставляться МВ серій ВМП (В - вимикач, М - масляний, П - підвісний) і ВМГ (В - вимикач, М - масляний, Г - горшковий).

На рисунку 1.1 показано загальний вид МВ типу ВМП-10В (цифра 10 позначає напругу 10 кВ, букВа В - для районів з помірним кліматом). МВ складається із трьох бачків 1, кожний з яких змонтований (підвішений) на двох опарних ізоляторах 2, закріплених на сталевій рамі 3, яка встановлюється вертикально на каркасі розподільного пристрою, головним чином, комплектного. Полюс вимикача (рисунок 1.2) складається з міцного ізоляційного циліндра (бачка) 5 зі склоепоксидного пластику. Торці циліндра армовані металевими фланцями.

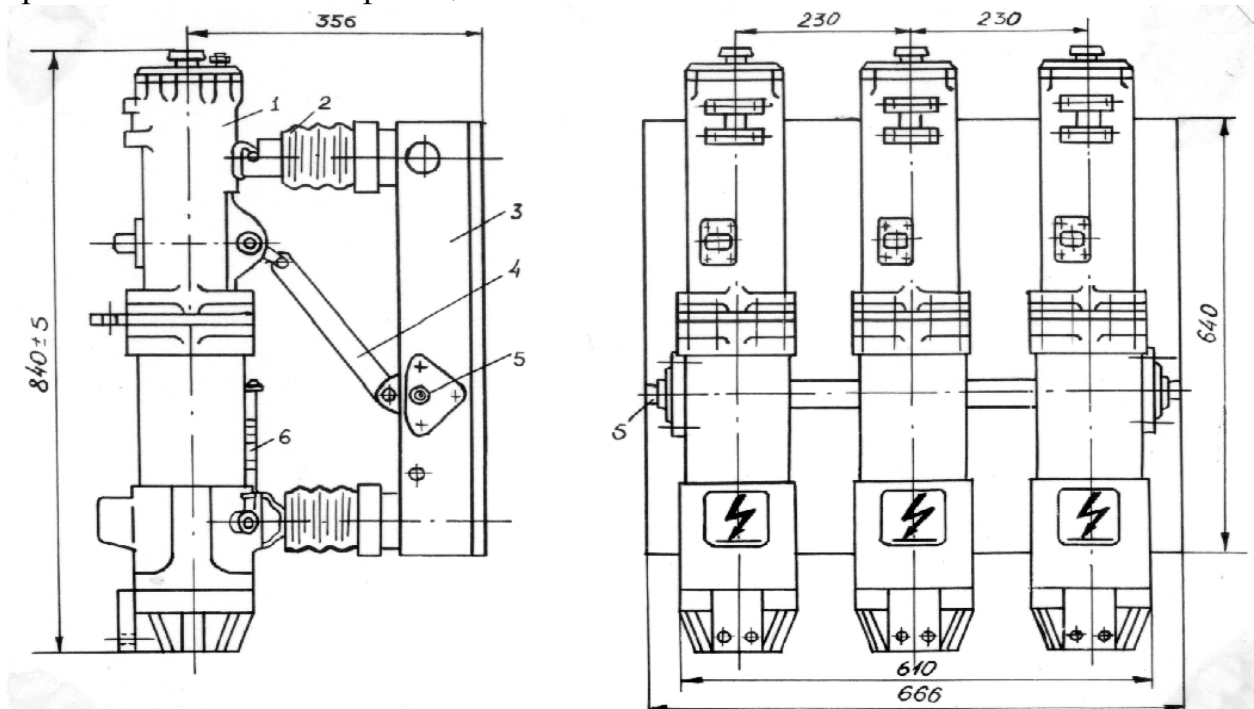


Рисунок 1.1 - Маломасляний вимикач ВМП-10

1 - корпус вимикача; 2 - опорний ізолятор; 3 - сталева рама; 4 - ізоляційна тяга; 5 - вал вимикача; 6 - масловказівник.

На верхньому фланці циліндра 5 укріплений корпус 3 з алюмінієвого сплаву, усередині якого розташовані: приводний механізм 10, рухливий контактний стрижень (контакт) 12, роликівий струмоз'ємний пристрій (роликівий струмоз'ємний контакт) 7 з напрямними 11 і масловіддільник 8. Нижній фланець із силуміну закривається кришкою 1, усередині якої вмонтований розетковий (нерухливий) контакт 2. У МВ типу ВМП-10 є два вивода: верхній 6 і нижній 1 (кришка 1 є одночасно нижнім виводом полюса МВ). Для зливу масла в кришці 1 є отвір, що закривається мастилоспускною гвинтовою пробкою.

Усередині циліндра 5 над розетковим контактом 2 розташована гасильна камера 4, зібрана з ізоляційних пластин з фігурними отворами.

Набором пластин створюються: центральний отвір для рухливого контакту 12, три поперечні щілини на різній висоті й вертикальні отвори для виходу пар масла й газів. У верхній частині гасильної камери є масляні кишень. Кількість масла у вимикачі типу ВМП-10 - 4,5 кг. Рівень масла перебуває трохи вище гасильної камери. Контроль за рівнем масла в

циліндрі здійснюється по мастиловказівник 13. Якість масла повинне відповідати звичайним вимогам до ізоляційного масла.

У включеному положенні рухливий контакт 12 перебуває в розетковому контакті 2. При відключенні МВ його привід, приєднаний до рами, звільняє пружину, що відключає, зусилля якої передається валу МВ, у результаті чого вал повертається, рух його передається ізоляційній тязі, а від її - приводному механізму 10 і контакту 12, що рухається нагору. При розмиканні контактів 12 і 2, між ними виникає електрична дуга, що випаровує й розкладає масло (рис. 1.2 в). У перші моменти часу контакт 12 закриває поперечні щілини в гасильній камері 4, тому тиск різко зростає й частина масла заповнює буферний об'єм 3, стискаючи в ньому повітря. Як тільки контактний стрижень 12 відкриває першу поперечну щілину, починається поперечне дуття газами й парами мастила. При переході струму через нульове значення, тиск у газопаровому міхурі знижується й стиснене повітря буферного об'єму 3, діючи подібно поршню, нагнітає мастило в область дуги, забезпечуючи додаткове дуття в моменти часу, коли інтенсивність газоутворення зменшується. При подальшому русі контактного стрижня 12 довжина дуги збільшується. Відкриваються друга й третя поперечні щілини, і дуга гасне. Пари мастила у верхній частині бачка конденсуються й мастило стікає вниз. Гази виходять із бачка через отвір у масловіддільнику 8 і кришці 9 (рис. 1.2 а), що закривається ковпачком. У кришці 9 є мастилоналівний отвір із гвинтовою пробкою.

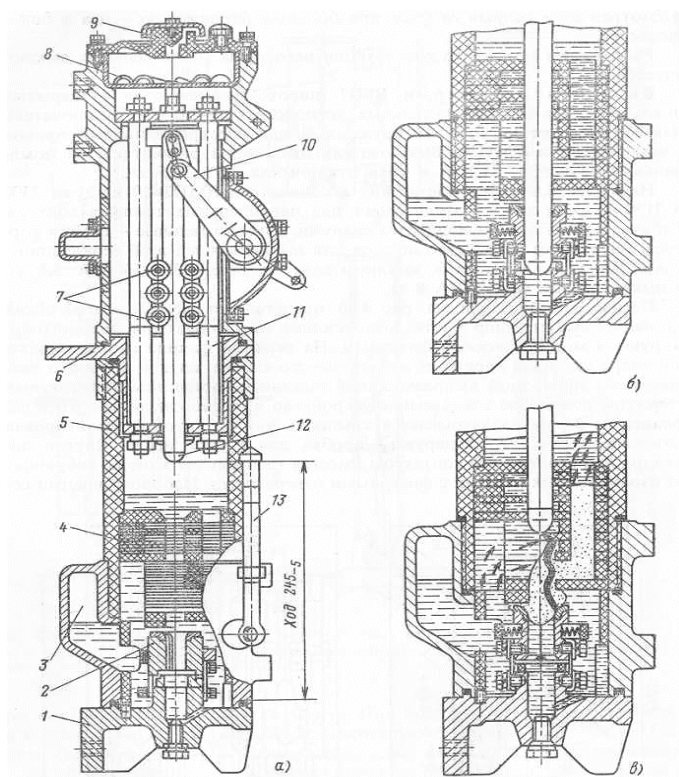


Рисунок 1.2 - Розріз полюса вимикача ВМП-10
 а - положення «відключено»; б - положення «включено»;
 в - процес відключення

При відключенні великих струмів дуга гасне в нижній частині за рахунок інтенсивного поперечного дуття. При відключенні малих струмів дуга поперечним дуттям пар і газів не гаситься, а тому тягнеться за стрижнем 12 і у верхній частині камери випаровує масло в масляних кишнях, створюючи додаткове зустрічно-радіальне дуття, а потім при виході стрижня 12 з камери - поздовжнє дуття. Час гасіння дуги при відключенні великих струмів не перевершує 0,015-0,025 с.

Здатність вимкнення вимикачів серії ВМП становить від 20 до 31,5 кА, номінальний тривалий струм від 630 до 3200 А.

Маломасляні вимикачі із двома дугогасильними розривами на полюс

До таких МВ ставляться МВ серій МГГ (М - масляний, Г - горшковий, Г - генераторний), МГ (М - масляний, Г - генераторний), ВГМ (В - вимикач, Г - генераторний, М - масляний). Ці вимикачі виконуються на більші номінальні струми (ВГМ - на струми до 11200 А) і більшу здатність, що відключає (МГГ - на струми 45 і 63 кА, ВГМ - на струм 90 кА).

МВ таких серій мають на полюс по двох пари контактів (робітники й дугогасильні), при цьому робочі контакти передбачають зовні, а дугогасильні - усередині металевого бачка (горщика). Наявність робочих і дугогасильних контактів пов'язане з тим, що при великих номінальних струмах не можна обійтися контактами, що виконують одночасно роль робочих і дугогасильних.

Використання двох бачків на полюс, а, отже, двох дугогасильних розривів, забезпечує підвищену здатність для відключає, МВ. На рис. 1.3 а, б показані конструктивні схеми полюса й ДУ вимикача МГГ-10.

Металеві бачки 1 закріплені на опорних ізоляторах 2, установлених на металевій звареній рамі 3. Усередині рами 3 розташовані приводний важільний механізм і пружини, що відключають. У кожному бачку 1 є дугогасильні контакти й камера поперечного дуття. До бачків 1 приварені додаткові резервуари 4, з'єднані з нижніми частинами горщиків 1 через кулькові клапани. Рівень мастила у вимикачі контролюється за допомогою мастиловказівника 5.

У МВ є два контури: головний і дугогасильний. Струм головного контуру (див. рис. 1.3 а) проходить по контактних косинцях 6, кришкам бачків 1, нерухливим 7 і рухливим 8 контактам, і по траверсі 9.

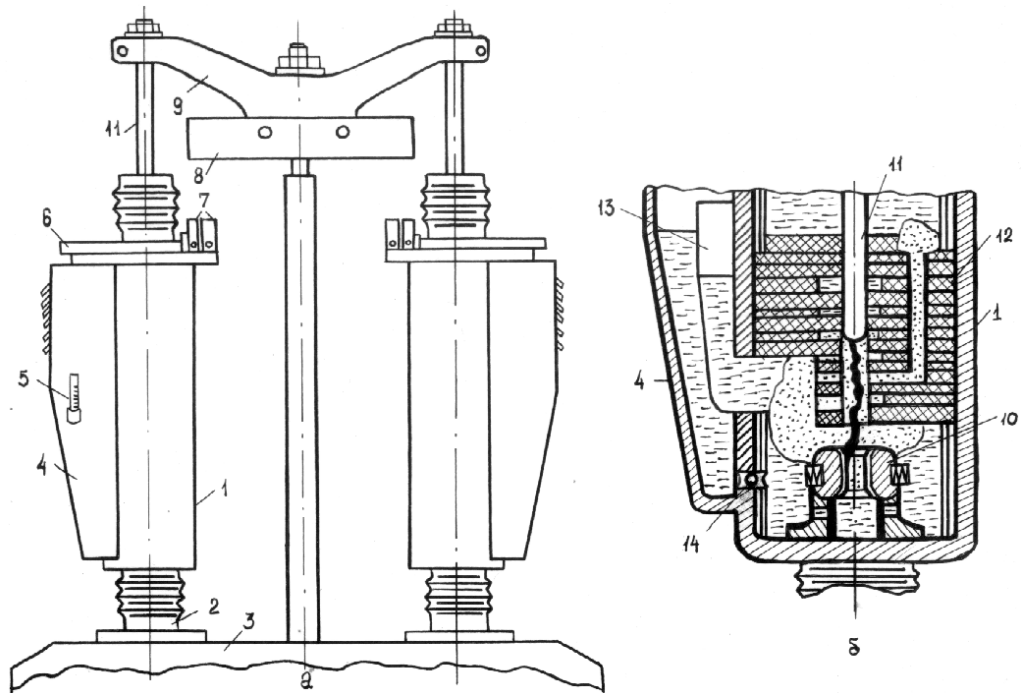


Рисунок 1.3 - Маломасляний вимикач МГГ-10
а - загальний вид; б - ДУ в процесі відключення

Струм дугогасильного контуру проходить від контактної косинця 6 по стінках бачків 1, у розетковий контакт 10 (рис. 1.3 б), потім по дугогасильному рухливому контакту 11 першого бачка, по траверсі 9 (рис. 1.3 а) через дугогасильний рухливий контакт другого бачка, і по його стінках - до кришки й контактної косинця цього бачка. Коли МВ включений, більша частина струму проходить по головному контуру внаслідок меншого опору цього ланцюга.

При відключенні МВ першими розмикаються робочі контакти, потім - дугогасильні. Дуга, що утворилася (рис. 1.3 б) випаровує й розкладає мастило. У перші моменти часу поперечні канали в гасильній камері 12 перекриті рухливим контактом 11, тиск у нижній частині бачків 1 збільшується, і повітря в буферному об'ємі 13 стискується. У міру руху контакту 11 нагору відкриваються поперечні канали в камері 12 і починається інтенсивне поперечне дуття. Час гасіння дуги - 0,025-0,04 с.

У верхній частині кожного бачка 1 є отвір, через яке гази, що утворилися при гасінні дуги, попадають у мастиловіддільник, розташований у резервуарі 4, і потім викидаються через отвори назовні, а мастило стікає в резервуар 4 і проходить у бачок 1 через кулькові клапани 14 (рис. 1.3 б), які перешкоджають його зворотному руху при гасінні дуги.

При включенні МВ першими замикаються дугогасильні контакти, потім - робочі, на яких дуга не утворюється.

Для керування МВ використовується електромагнітний привід типу ПЕ-21.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити принцип гасіння електричної дуги в масляних вимикачах.
2. У звіті письмово відповісти на наступні питання:
 - у чому полягають особливості гасіння електричної дуги в мастилі;
 - як улаштовані дугогасильні камери масляних вимикачів;
 - принципи роботи й конструкції вимикачів (за вказівкою викладача).

У лабораторії представлені: малооб'ємні масляні вимикачі типу ВМП-10 (три полюси, з яких один виконаний у розрізі).

Контрольні питання

1. Яке призначення має вимикач ?
2. Які функції виконує мастило в маломасляному МВ?
3. Перелічить основні достоїнства й недоліки маломасляних МВ?
4. Назвіть основні технічні дані МВ.
5. Назвіть характерні конструктивні риси МВ серій ВМП, МГГ.
6. Пояснить принцип гасіння дуги у МВ без гасильних камер, а також у камерах поздовжнього й поперечного дугтя.
7. З якою метою використовують багаторазовий розрив?
8. Чим викликана необхідність у поділі функцій контактів між робочими й дугогасильними, у яких вимикачах цей захід використовується?
9. Яке призначення має буферний об'єм у МВ серії ВМП?
10. Які особливості гасіння дуги в гасильних камерах МВ серії ВМП при відключенні великих і малих струмів?
11. Яким образом здійснюється заміна мастила у МВ серії ВМП?
12. Яким образом здійснюється контроль за рівнем мастила у МВ серій ВМП і МГГ?
13. Яким образом забезпечується відвід газів із циліндра МВ серії ВМП?
14. Який порядок роботи робочих і дугогасильних контактів у МВ серії МГГ при операціях включення й відключення, чим це можна пояснити?
15. Укажіть шлях струму через МВ типу МГГ-10 при включеному положенні.

Лабораторна робота № 2

Вивчення конструкції й принципу дії повітряних вимикачів

Мета роботи: Ознайомитися з конструктивними особливостями повітряних високовольтних вимикачів, виробити вміння аналізувати конструкцію апаратів, їх загальні й одиничні ознаки.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації високовольтних вимикачів і особливості повітряних вимикачів;

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними відомостями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

У повітряних вимикачах дугогасильним середовищем є стиснене повітря, яке подається у гасильну камеру, у зону горіння дуги, сильним струменем під тиском від 2 до 4 МПа. Потік стисненого повітря виносить продукти горіння з дугового проміжку й створює в ньому високу електричну міцність, що здатна протистояти напрузі, що відновлюється.

Стиснене повітря, як дугогасильне середовище, має високі якості. Його електрична міцність сильно зростає зі збільшенням тиску.

Принцип роботи гасильного пристрою повітряного вимикача дуже простий. Застосовують камери поздовжнього й поперечного повітряного дуття. У першому випадку струмінь повітря направляється уздовж стовбура дуги, у другому - поперек.

На рис. 2.1 показані основні типи гасильних камер.

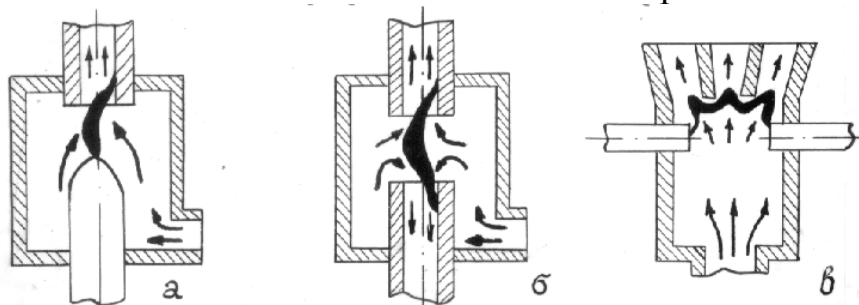


Рисунок 2.1 - Схематичні розрізи гасильних камер

а - камера поздовжнього дуття з порожніми і суцільними контактами;

б - камера поздовжнього дуття із двома порожніми контактами;

в - камера поперечного дуття.

Необхідно відзначити, що гасіння дуги в повітряних вимикачах здійснюється струменем повітря, інтенсивність якого не залежить від потужності дуги, тому що гасіння виробляється за рахунок енергії

стороннього джерела. Тому відповідною подачею повітря можна забезпечити надійне й швидке гасіння дуги.

Повітряні вимикачі мають дуже високу швидкодію: у них час гасіння дуги досягає 0,02 с, а повний час відключення 0,06 с.

Повітряні вимикачі можуть виконуватися як із застосуванням віддільника, що служить для створення необхідного ізоляційного проміжку при відключеному положенні вимикача, тобто для відділення вимикача від ланцюгів, що перебувають під напругою, так і без нього.

Віддільник може бути виконаний як:

- зовнішній, з розмиканням контактів на відкритому повітрі при атмосферному тиску;
- внутрішній, з розмиканням контактів усередині камери, заповнений повітрям при атмосферному тиску;
- внутрішній (повітряннонаповнений) з розмиканням контактів у камері, заповненої стисненим повітрям.

Внаслідок недоліків, пов'язаних з роботою повітряних вимикачів, що мають перші два типи віддільника (складність роботи віддільника в осінньо-зимовий період, великий час відключення), виробництво таких вимикачів припинено.

У повітряних вимикачах на напруги 110 кВ і вище дугогасильні пристрої, як правило, виконують із багаторазовим розривом на фазу; вони складаються з декількох однакових гасильних елементів, включених в електричне коло послідовно.

У кожному гасильному елементі відбувається розрив ланцюга, тобто кожний елемент відключає частину загальної потужності. Збільшенням числа гасильних елементів можна до відомої межі підвищити потужність відключення вимикача.

У гасильних камерах, при двох розривах і більше, напруга між ними поширюється нерівномірно. Для рівномірного розподілу напруги на окремих розривах гасильної камери застосовують спеціальні ділянки напруги, що складаються з активних або ємнісних опорів. Ці опори приєднуються паралельно кожному розриву. Крім вирівнювання напруги, ці шунтувальні опори знижують амплітуду й швидкість відновлення напруги на контактах вимикача.

Повітряні вимикачі над масляними вимикачами мають ряд переваг: малу вагу, простоту ревізії, зручність транспортування.

Відсутність трансформаторного мастила робить ці вимикачі пожежобезпечними. При установці повітряних вимикачів відпадає необхідність у пристрої великого масляного господарства.

У цей час повітряні вимикачі одержали широке поширення в енергосистемах.

Конструкції повітряних вимикачів Повітряний вимикач ВВН-35-2

Повітряний вимикач типу ВВН-35-2 (В - вимикач, В - повітряний, Н - зовнішньої установки, 35 - номінальна напруга, 2-кількість резервуарів

стисненого повітря) призначений для використання в електроустановках змінного струму частотою 50 Гц.

Номінальний робочий струм вимикача 2000 А, номінальний струм відхилення 31,5 кА, повний час відхилення 0,08 с (власний час 0,06 с).

На рис. 2.2 показаний загальний вид вимикача ВВН-35-2. Підставою вимикача є два з'єднаних між собою резервуара. На резервуарі 15 встановлені три дутєвих клапани 4 і дві шафи керування 9 і 11.

На кожному з дутєвих клапанів встановлено по два опорних ізолятора 3 і гасильна камера 2 із клапаном відсічення 13 і вихлопним пристроєм 1. На кожній полюсі вимикача є струмознімальні фланці 16.

На резервуарі 15 розташований також проміжний клапан 10, що здійснює керування дутєвими клапанами через розподільні труби 5.

Вимикач, який постачається трьома покажчиками продувки 14 і зворотніми клапанами продувки. Болт заземлення 6 розташований на лапі резервуара 15.

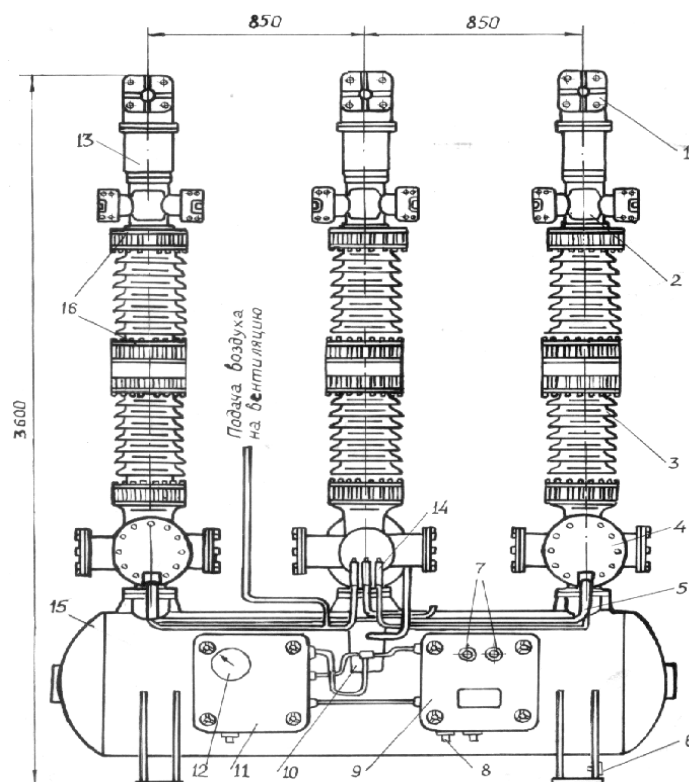


Рисунок 2.2 - Вимикач ВВН 35-2

У шафі керування 11 розташований: манометр 12, що є покажчиком наявності тиску в гасильній камері; проміжний клапан; зворотній клапан; кабельна муфта 8, через яку здійснюється уведення проводів вторинної комутації в шафу керування; блок пускових клапанів з електромагнітами; підігрівник і ніпель для приєднання трубки місцевого пневматичного відключення.

У шафі керування 9 розташовані лампи 7 (зеленої й червона) світлової сигналізації положення вимикача, блок-контактний пристрій і кабельні муфти 8.

Блок-контактний пристрій складається із сигнально-блокувальних контактів (СБК), привода СБК, клем, що утворюють три колодки, і лічильника із кронштейном.

Повітряний вимикач серії ВВБ

Вимикачі серії ВВБ (В - вимикач, В - повітряний, Б - з металеві дугогасильною камерою - баком) мають ізольований від землі резервуар (бак) стисненого повітря, усередині якого перебуває контактна система. Це основний елемент вимикачів даної серії, що є дугогасильним модулем.

Власний час відключення цих вимикачів менше, ніж у вимикачів серії ВВН, оскільки тиск повітря в гасильній камері в повітряних вимикачах серії ВВН через поступову подачу в гасильну камеру до моменту гасіння дуги менше номінального. У вимикачах серії ВВБ воно до моменту гасіння дорівнює номінальному; останнє також обумовлює більшу потужність відключення таких вимикачів.

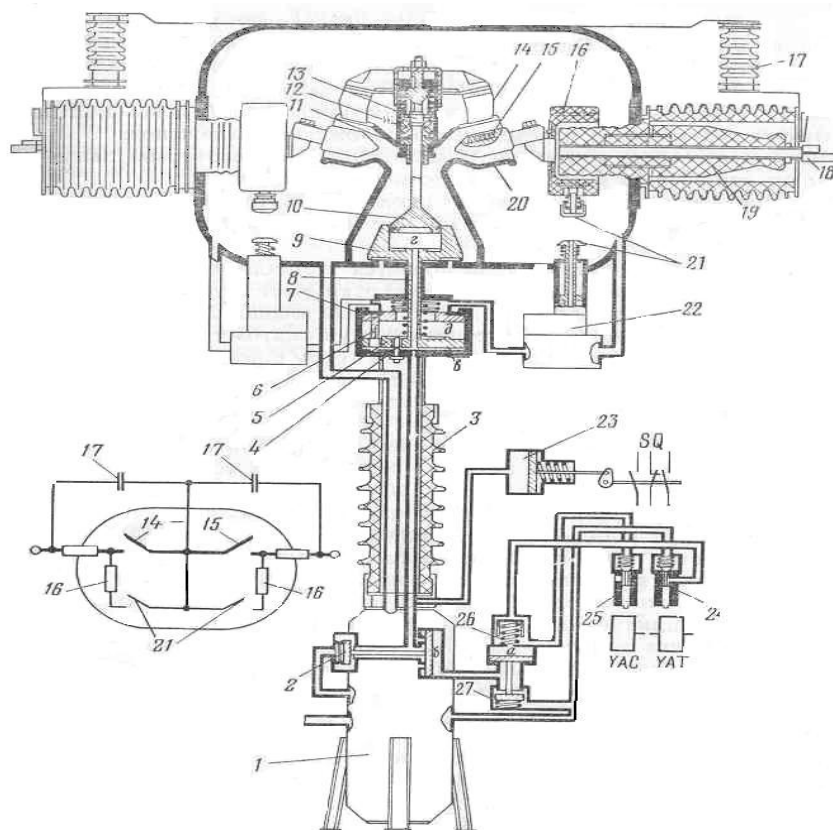


Рисунок 2.3 - Електропневматична схема ВВБ-110

Пристрій дугогасильних модулів для всіх вимикачів серії однаковий, кількість їх визначається напругою:

$U_{\text{ном}}$, кВ	110	220	330	500	750
Число модулів	1	2	4	6	8

Номинальний струм вимикачів серії ВВБ становить 2000 - 3200 А, номінальний струм відключення 31,5 - 56 кА. Тиск повітря в дугогасильному модулі вимикача типу ВВБ становить 2 МПа, час відключення 0,06 - 0,08 с; у новітніх вимикачах цієї серії ВВБК (В - вимикач, В - повітряний, Б - з металевої дугогасильною камерою - баком, К - крупномодульний) і ВВД (В - вимикач, В - повітряний, Д - с підвищеним тиском) тиск повітря становить 3,2 - 4,0 МПа, а час відключення зменшено до 0,04 с.

Основою вимикача ВВБ- 110, електропневматичні й електрична функціональні схеми якого наведені на рис. 2.3, служить резервуар 1 зі стисненим повітрям, на якому збоку закріплений шафа керування 2.

Усередині колони 3 опорні ізолятори проходять два склопластикових повітряпровода. Один з них служить для постійної подачі повітря в гасильну камеру з магістралі, інший - для оперативного керування полюсом вимикача.

На опорному ізоляторі 3 закріплено дугогасильний модуль, що складається з металевої дугогасильної камери (бака), усередині якої перебувають рухливі контакти, виконані у види ножів 14, закріплених на траверсі, і нерухливі пальцеві контакти 15, розташовані усередині конфузоров 20, що створюють спрямований потік повітря при відключенні вимикачів для кращого гасіння електричної дуги.

Траверса приводиться в рух штоком 13 поршня, що закінчується внизу, 10. До введів 18, ізольованих епоксидними втулками 19 і порцеляною сорочкою, усередині камери кріпляться допоміжні контакти 21 і шунтувальні опори (резистори) 16, призначені для вирівнювання напруг між розривами головних контактів і зниження швидкості напруги, що відновлюється, на контактах вимикача, що особливо важливо при відключенні не вилучених коротких замикань. Допоміжні контакти шунтуються ємностями 17 для рівномірного розподілу напруги між розривами.

Для включення вимикача подається імпульс на електромагніт включення УАС, що відкриває пусковий клапан 25, і повітря з порожнини зворотного клапана 26 і об'єму «а» проміжного клапана 27 скидається в атмосферу. Клапан 27 переміщається нагору, забезпечуючи скидання повітря з об'єму «б» клапана керування, що перекриває доступ стисненому повітрю з резервуара 1 і забезпечує скидання стисненого повітря з об'єму «в» під поршнем дутевого клапана й з порожнини «г» через порожній шток 8. За рахунок різниці тисків повітря на поршень 10 штока (у камері повний тиск, а в порожнині «г» його немає) траверса з рухливими контактами переміщається вниз. Контактні ножі 14 входять у пальцеві нерухливі контакти 15. Ролики фіксатора 12 переходять через виступ на штоку 13. Через золотники 6 стиснене повітря скидається з порожнини «д» і замикаюча шайба 7 під дією пружини переміщаються до поршня 5. Допоміжні контакти 21 включаються за допомогою клапана 22. У включеному положенні струм проходить по струмоведучому стрижні уведення 18, через контакти 14, 15, траверсу, контакти другого розриву, на другий ввід.

При відключенні вимикача командний імпульс подається на електромагніт відключення УАТ, що відкриває пусковий клапан 24. Стиснене повітря з резервуара через клапан 26 заповнює об'єм «а» відкривається клапан 27, заповнюється стисненим повітрям об'єм «б», при цьому клапан 2 з'єднує резервуар 1 з повітряводом. Стиснене повітря, надходячи в порожнину «в» під поршень 5, перемішає його разом із шайбою 7 нагору. Рух поршня 5 передається тарілці дутевого клапана 9, поршню 10 і траверсі з головними контактами. Контакти розмикаються, виникає дуга. Відкривається дутевий клапан 28, потужним потоком повітря дуга з робочих контактів перекидається на протиелектроди 11. Час гасіння дуги не перевищує 0,02 с. Наприкінці ходу поршня 5 регульований отвір, закритий голкою 4, відкривається й починається перетікання стисненого повітря з порожнини «в» у порожнину «д». Коли тиск у порожнинах «д» і «в» зрівняється, поршень під дією пружини вертається у вихідне положення. Разом з поршнем опускається тарілка 9 і дутевий клапан закривається.

Відключення допоміжних контактів відбувається із запізненням стосовно головних контактів за рахунок подачі повітря в клапан 22, після того, як шайба 7 перекриє вихід в атмосферу.

Дуга, що виникла між допоміжними контактами, гаситься потоками стисненого повітря, що проходить через порожні рухливі контакти.

За допомогою поршня привода 23 допоміжні контакти SQ переводяться в положення, що відповідає відключеному положенню вимикача.

Відмінними рисами конструктивного виконання вимикачів даного типу є: уніфікація виготовлення деталей на всі номінальні напруги; модульний принцип дозволяє при необхідності швидко замінити модуль, що вийшов з ладу, на новий; менші габарити й вага в порівнянні з вимикачами типу ВВН; відсутність порцелянових ізоляторів, що працюють під тиском стисненого повітря; зниження витрати повітря в 2-2,5 рази; зменшення часу відключення до 0,04 с; можливість досягнення великої здатності, що відключає.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити принцип гасіння електричної дуги в повітряних вимикачах.
2. У звіті письмово відповісти на наступні питання:
 - у чому полягають особливості гасіння електричної дуги в повітряних вимикачах;

- як улаштовані дугогасильні камери повітряних вимикачів;
- принципи роботи й конструкції вимикачів (за вказівкою викладача).

Зверніть увагу на компоновання вимикачів серії ВВБ на напругу 220 кВ, представленої на кресленні, на сполуку модулів вимикача.

Контрольні питання

1. Як здійснюється процес гасіння дуги в повітряних вимикачах?
2. Які типи гасильних камер використовуються в повітряних вимикачах?
3. Яке призначення мають віддільники в повітряних вимикачах?

4. Поясніть пристрій камери з багаторазовим розривом, їхнє призначення й принцип виконання.
5. Яке призначення мають активні і ємнісні дільники напруги?
6. Яку конструкцію має вимикач ВВН-35-2?
7. Яку конструкцію має дугогасильні камери вимикача ВВН-35-2?
8. Поясніть процес включення вимикача ВВН-35-2.
9. Поясніть процес відключення вимикача ВВН-35-2.
10. Поясніть електричну схему сполуки елементів полюса вимикача й послідовність роботи контактів у процесі відключення.
11. Назвіть переваги й недоліки повітряних вимикачів серії ВВН.
12. Поясніть особливості конструкції вимикача ВВБ-110.
13. Яким образом виробляється комплектація вимикачів серії ВВБ на різні напруги?
14. Поясніть процес включення вимикача ВВБ-110.
15. Поясніть процес відключення вимикача ВВБ-110 і гасіння дуги.
16. Які відмінні риси вимикачів серії ВВБ?
17. Які особливості конструкції вимикачів ВНВ? Поясніть процес роботи вимикача ВНВ, переміщення рухливих частин і гасіння дуги.
18. Які переваги й недоліки мають повітряні вимикачі?

Лабораторна робота № 3

Вивчення конструкції й принципу дії електромагнітних вимикачів

Мета роботи: Ознайомитись з конструктивними особливостями електромагнітних високовольтних вимикачів, виробити вміння аналізувати конструкцію апаратів, їх загальні й одиничні ознаки.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації високовольтних вимикачів і особливості електромагнітних вимикачів;

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними відомостями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

Електромагнітні вимикачі для своєї роботи не вимагають мастила або стисненого повітря, може виконуватись велика кількість включень і відключень без ревізії й знаходять застосування на напругах 6-20 кВ при частих комутаціях електричного кола. Вони гарантують низький рівень комутаційних перенапруг і мають менше обгорання контактів. Крім того, ці вимикачі забезпечують чистоту обслуговування, обумовлену відсутністю мастила, а звідси - зниження витрат на обслуговування й експлуатацію. Швидкодія вимикача при відключенні великих струмів дає відповідне зменшення шкідливих впливів (термічних і динамічних) струмів на елементи електроустановок.

Підвищена зносостійкість дугогасильної частини вимикачів забезпечує велике припустиме число комутаційних операцій без ревізій. Ці переваги дозволили знайти широке застосування цим вимикачам.

Принцип роботи й конструкція вимикача ВЕМ-6

Принцип роботи електромагнітних вимикачів заснований на гасінні електричної дуги в дугогасильній камері, що містить пакет керамічних пластин, у який дуга зтягається поперечним магнітним полем, збудженим струмом дуги. Дуга, що виникає при розмиканні дугогасильних контактів, під дією електродинамічних сил контуру струму й теплових конвекційних потоків піднімається нагору й входить у дугогасильну камеру, постійно збільшуючи свій опір.

Вимикач ВЕМ - 6 (рис. 3.1) установлений на візку й призначений для осередків КРП.

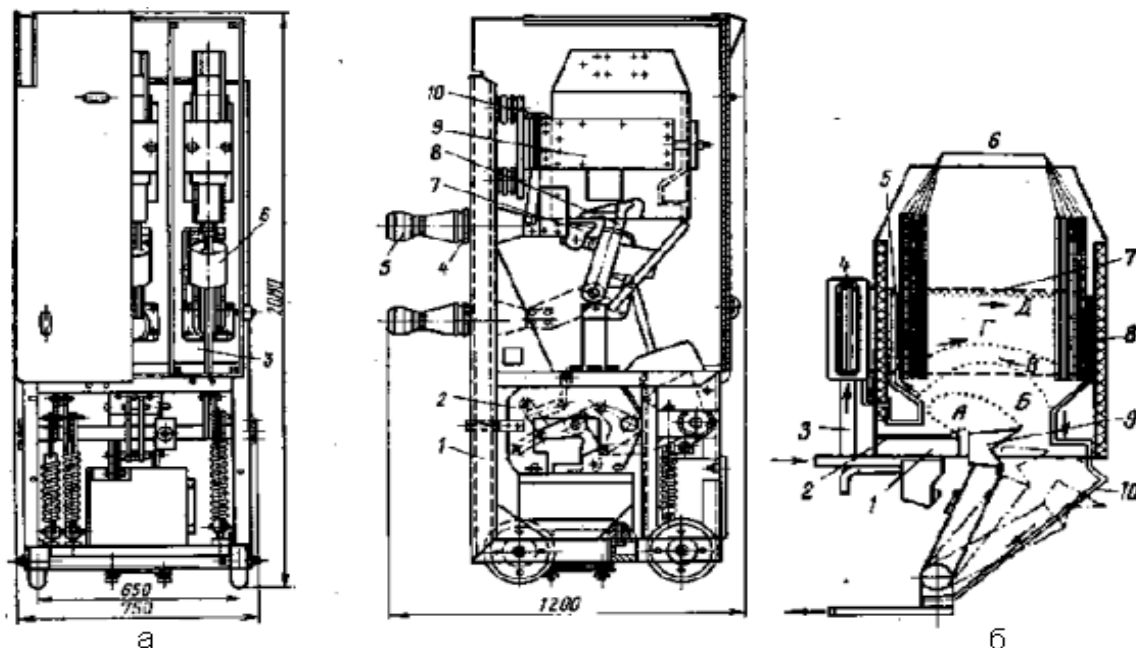


Рисунок 3.1 - Вимикач електромагнітний ВЕМ-6
а - загальний вид; б - дугогасильна камера

Електромагнітний вимикач ВЕМ-6 (рис. 3.1 а) складається зі звареної основи 1, пружинного привода 2, трьох полюсів, трьох знімних дугогасильних камер 9, ізоляційного кожуха. Він має робочі й дугогасильні контакти, розташовані на відкритому повітрі.

Струмоведачі стрижні перебувають усередині прохідних ізоляторів 4, відлитої з епоксидної смоли. На ньому встановлюються рухливий розетковий контакт шафи КРУ з одного боку, а з іншого боку - корпуса головного нерухливого 7 і рухливого контакту вимикача 8. Рухливий контакт обертається на опорному ізоляторі за допомогою ізоляційної тяги.

На сталевій рамі 1 за допомогою ізоляторів укріплені дугогасильний пристрій 9 і котушка магнітного дуття 10. Дугогасильна камера складається з пакета, зібраного із пластин цирконієвої кераміки, склеєних між собою в єдиний блок. Кожна пластина пакета в нижній частині має \wedge -образний виріз, вершина якого зміщена від середини пластини із чергуванням зсуву в різні сторони в кожній парі пластин. Таке чергування утворить лабіринт, у який затягається електрична дуга при відключенні. Пакет установлюється між бічними пластинами й колодками, упирається в розпірки й закритий керамічними плитами. У верхній частині камери є вихлопний пристрій, що складається з ряду вертикально розташованих ізоляційних пластин, призначених для запобігання перекриття щілин по гарячих газах, що утвориться в процесі відключення. По краях пакета поміщені мідні роги, по яких переміщається основа дуги в процесі відключення.

Кожух служить для ізоляції полюсів друг від друга й вихлопних газів від металевих частин шафи КРУ. Він складається із трьох ізоляційних коробів, з'єднаних між собою. На вимикачі кожух фіксується розпірками й болтами й упирається на основу.

Для передачі руху рухливим контактам полюсів від вала вимикача служить ізоляційна тяга. Поршневий пристрій служить для створення повітряного потоку з метою перекидання дуги на дугогасильний риг.

Процес відключення вимикача

При відключенні спочатку розмикаються робочі, потім - дугогасильні контакти, між якими виникає дуга. Під дією електродинамічних сил контуру й повітряного потоку, створеного поршневим пристроєм, дуга перекидається на передній дугогасильний риг і включає в ланцюг котушку магнітного дуття. Створюється магнітне поле, що, взаємодіючи зі струмом дуги, переміщає її зі швидкістю 30 м/с усередину дугогасильної камери. При русі нагору дуга подовжується, потрапляючи в лабіринтові щілини камери. Стикаючись зі стінками камери, дуга охолоджується й через 0,01 - 0,02 с гасне.

На рис. 3.1 б показані різні положення, які займає електрична дуга, піднімаючись по камері від положення А до положення Д. Одна її основа затримується на металокерамічній напайці нерухливого дугогасильного контакту, а друга переміщається по верхній крайці рухливого дугогасильного контакту (положення «А», «Б»). Поступово подовжуючись, дуга перекидається з рухливого контакту на правий риг і займає положення «В».

Створюється інтенсивне магнітне поле, що пронизує камеру перпендикулярно площини, у якій рухається дуга. Це магнітне поле взаємодіє зі струмом дуги. Зусилля впливу магнітного поля на дугу спрямовано завжди убік затягування дуги в камеру, де вона займає послідовно положення «Г» і «Д». Дуга здобуває зигзагоподібну форму й віддає тепло керамічним пластинам. Завдяки цьому опір дуги збільшується й, при черговому переході струму через нуль, дуга гасне. Гарячі гази, що утворюються при горінні дуги, виходять нагору по вузьких щілинах між пластинами, прохолоджуючись настільки, що викиду полум'я з камери не спостерігається.

При відключенні малих струмів (до 1000 А) напруженість магнітного поля, створюваного котушками електромагнітів, досить мала й не може забезпечувати швидке витягування дуги в камеру. Для поліпшення гасіння дуги таких струмів служить поршневий пристрій.

Вимикачі цього типу випускається на напругу 6 – 10 кВ, номінальний струм до 3200 А и струм відключення до 40 кА й мають виконання: ВЕМ - 6, ВЕ - 6, ВЕС - 6, ВЕЕ - 6, ВЕ - 10, ВЕЕС - 6.

Достоїнства електромагнітних вимикачів:

- повна вибухо - і пожежобезпечність;
- малий знос дугогасильних контактів (до 40 відключень струму величиною 34 кА без ревізії й ремонту);
- придатність для роботи в умовах частих включень і відключень;
- відносно висока здатність, що відключає.

Недоліки електромагнітних вимикачів:

- складність конструкції дугогасильної камери із системою магнітного дуття;

- обмежена верхня межа номінальної напруги (не більше 15 - 20 кВ);
- обмежена придатність для зовнішніх установок.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити принцип гасіння електричної дуги у електромагнітних вимикачах.
2. У письмовому звіті відповісти на питання:
 - у чому полягають особливості гасіння електричної дуги за допомогою електромагнітного дуття;
 - як улаштовані дугогасильні камери електромагнітних вимикачів;
 - конструкція вимикача ВЕМ-6 і принцип його роботи.
3. На діючій установці знайти наступні елементи: рухливі штекерні контакти; рухливі головні контакти; нерухливі головні контакти; рухливі й нерухливі дугогасильні контакти; дугогасильну решітку; котушку магнітного дуття; поршні для полегшення гасіння при малих відключатися токах, що; привід; КСА.

Контрольні питання

1. Які недоліки, властиві масляним і повітряним вимикачам, не належать електромагнітним вимикачам?
2. На чому заснований принцип роботи електромагнітного вимикача?
3. Особливість конструкції електромагнітного вимикача типу ВЕМ - 6.
4. Конструкція дугогасильної камери вимикача ВЕМ - 6.
5. Конструкція контактної системи вимикача ВЕМ - 6.
6. Процес гасіння дуги електромагнітного вимикача ВЕМ - 6.
7. У чому особливість процесу відключення малих струмів?
8. Переваги й недоліки електромагнітних вимикачів.
9. Назвіть типи й область застосування електромагнітних вимикачів.

Лабораторна робота № 4

Вивчення конструкції та принципу дії вакуумних вимикачів

Мета роботи: Ознайомитися з конструктивними особливостями вакуумних високовольтних вимикачів, виробити вміння аналізувати конструкцію апаратів, їх загальні й одиничні ознаки.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення та класифікацію високовольтних вимикачів, особливості вакуумних вимикачів;

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними положеннями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

В останні роки, крім добре зарекомендували себе масляних і повітряних вимикачів, в енергосистемах почали застосовуватися вимикачі, дія яких засноване на зовсім нових принципах гасіння дуги. До них відносяться вакуумні вимикачі, які мають більші перспективи. У цих вимикачах контактна система поміщена в камеру з високим вакуумом, приблизно 10^{-4} Па. Електрична міцність вакууму значно вище, ніж повітря або масла, що пояснюється збільшенням довжини вільного пробігу електронів, атомів, іонів і молекул у міру зменшення тиску.

Процес відключення у вакуумному вимикачі протікає в такий спосіб: у момент розходження контактів площа їхнього зіткнення зменшується, щільність струму різко зростає, метал контактів плавиться й випаровується у вакуумі. При цьому між контактами утвориться провідний місток, що складається з пар металу електродів. Загоряється так звана вакуумна дуга, що гасне при першому ж переході струму через нуль. Електрична міцність відновлюється дуже швидко, тому що мала щільність газу в дугогасильній камері вимикача обумовлює винятково високу швидкість дифузії електричних зарядів зі стовбура дуги. Уже через 10 мкс після переходу струму через нуль електрична міцність вакууму досягає свого повного значення 100 МВ/м. Якщо до цього часу розтір контактів виявиться достатнім для того, щоб електрична міцність міжконтактного проміжку стала більше, що відновлюється напруги, дуга згасне остаточно. Інакше відбудеться повторний пробій проміжку й повторне запалювання дуги.

При відключенні вакуумним вимикачем малих струмів (кілька десятків амперів) може відбутися передчасне зниження струму до нуля, до природного переходу струму через нуль (зріз струму), що пояснюється дуже швидкої деіонізацією міжконтактного проміжку. Зріз струму супроводжується, як і в інших вимикачах, перенапругою.

Виходячи з роботи вакуумного вимикача, для його надійної роботи й збільшення його терміну служби досить істотної є зносостійкість контактів, які розпорошуються під час горіння дуги. При дуже сильному розпиленні металу контактів може утворитися така кількість пар металу, що гасіння дуги виявиться неможливим. Досвід показав, що найбільш сильне розпилення спостерігається в контактів з латуні й міді. Тугоплавкі метали, такі, як вольфрам або молібден, розпорошуються порівняно мало. Зі збільшенням струму, що відключається, розпилення металу контактів росте, причому швидше, ніж збільшується струм. Таким чином, для підвищення здатності, що відключає, вакуумного вимикача для контактів необхідно застосовувати найбільш тугоплавкі матеріали.

З іншого боку, підвищення тугоплавкості контактів збільшує струм зрізу, що несприятливо позначається на відключеннях, викликаючи небезпечні перенапруги. Найбільший струм зрізу виникає при контактах з вольфраму, і він в 2,5 рази менше при контактах з міді.

Отже, для надійної роботи вакуумних вимикачів необхідні спеціальні матеріали, що забезпечують відключення більших струмів і мають малий струм зрізу. На жаль, металів, що задовольняють одночасно обом вимогам, ні, і тому широке поширення одержали вольфрам і молібден, які допускають відключення струмів понад 4-5 кА, хоча при цьому й виникають більші струми зрізу.

Переваги й недоліки вакуумних вимикачів

Вакуумні вимикачі створені на напруги 6 - 110 кВ і, завдяки своїм перевагам, витісняють повітряні й масляні вимикачі.

Переваги вакуумних вимикачів:

- відсутність необхідності в заміні й поповненні дугогасильного середовища, компресорних установок і масляного господарства;
- висока зносостійкість при комутації номінальних струмів і струмів КЗ;
- мінімум обслуговування, зниження експлуатаційних витрат (майже в 2 рази в порівнянні з існуючими), термін служби 25 років;
- швидке відновлення електричної міцності $(10 \div 50) \cdot 10^3$ В/мкс;
- повна вибухо- і пожежобезпечність;
- надійна робота у випадку, коли в процесі відключення малого струму в ланцюзі виникає струм КЗ (дугогасильного пристрою масляних вимикачів звичайно розриваються);
- широкий діапазон температур навколишнього середовища, у якому можлива робота вимикачів;
- підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень;
- довільне робоче положення вакуумного вимикача;
- безшумність, чистота, зручність обслуговування, обумовлені малим виділенням енергії в дузі;
- відсутність забруднення навколишнього середовища;

- порівняно малі маси й габаритні розміри й невеликі динамічні навантаження на конструкцію й фундамент;
 - висока швидкодія;
 - можливість організації високоавтоматизованого виробництва.
- Недоліками вакуумних вимикачів є:
- труднощі розробки й виготовлення, пов'язані зі створенням спеціальних контактних матеріалів, складністю вакуумного виробництва, властивість матеріалів контактів до зварювання в умовах вакууму;
 - порівняно невеликі номінальні струми й струми відключення, можливість комутаційних перенапруг;
 - при масовому виробництві вартість вакуумних вимикачів усього на 5 - 15% більше вартості маломасляні.
 - більші капітальні вкладення, необхідні для налагоджень масового виробництва.

Вимикач ВВТЕ - 10-10/630В2

Сучасні вакуумні вимикачі розраховані на відключення струмів у межах від 1 кА до 31,5 кА.

Дугогасильна камера вакуумного вимикача являє собою герметичну посудину з металу й скла, у якому підтримується вакуум 10^{-4} Па. Корпус камери може бути виготовлений не тільки зі скла, але й з інших ізоляційних матеріалів, які вакуумно - щільно зварюються з металом. Вакуумна камера КДВ на напругу 10 кВ має зазори між контактами 4 -10 мм, тому габарити її малі, а швидкості спрацьовування високі. Загасання електричної дуги вдається одержати при першому ж проходженні струму через нуль, тобто через 0,02 з, однак при відключенні щодо великого струму трапляється, що загасання дуги відбувається не при першому, а при другому або третьому підході струму до нуля.

Робочі контакти мають вигляд порожніх усічених конусів з радіальними прорізами. Така форма контактів при розмиканні створює радіальне електродинамічне зусилля, що діє на виникаючу дугу й змушує переміщатися її на дугогасильні контакти.

Контакти являють собою диски, розрізані спіральними прорізами на три сектори, по яких рухається дуга. Матеріал контактів підібраний так, щоб зменшити кількість паркового металу. Внаслідок глибокого вакууму відбувається швидка дифузія заряджених часток у навколишній простір і при першому переході струму через нуль дуга гасне.

Зовнішня поверхня ізоляторів має ребра для збільшення шляху витоку по ізоляції. Хід рухливого контакту камери становить 12 мм, середня швидкість ходу при відключенні 1,7 - 2,3 м/с, при включенні 0,6 - 0,9 м/с, припустимий зношування контактів - 4 мм.

При розмиканні контактів вимикача число провідних контактних крапок зменшується. Остання точка витягається в розплавлений металевий місток, швидко нагрівається під дією струму й випаровується. У хмарі, що утворилася, виникає дуговий розряд. При горінні вакуумної дуги відбувається розплавлення металу контактів, частина якого осідає на екранах, що захищають внутрішні поверхні оболонки камери від забруднення. Зі

збільшенням струму ерозія швидко зростає і є основною причиною, що обмежує збільшення струму, що відключається. На струм відключення істотно впливають: матеріал контактів, його чистота, швидкість розмикання контактів і стан вакууму.

При включенні вакуумного вимикача й зближенні його головних контактів ще до зіткнення відбувається пробій вакуумного проміжку й утвориться електрична дуга, тому повільне зближення контактів приводить до додаткового, небажаного виділення тепла, розплавленню металу контактів і їхньому зварюванню.

Вібрація контактів усередині камери також неприпустима, вона приведе до розпилення й розбризкування металу, це зменшує контактну поверхню, погіршує їхні робочі поверхні й збільшує шар напиляного металу на внутрішній поверхні оболонки. Це приводить до зменшення електричної міцності й скороченню терміну служби камери.

Рідкі відмови в гасінні дуги у вакуумному вимикачі, які можуть мати місце через механічні або технологічні дефекти, не приводять до серйозних руйнувань усього вимикача або близько розташованого іншого встаткування КРУ.

Вакуумні вимикачі мають високий комутаційний ресурс. Між ревізійні інтервали вакуумних вимикачів визначаються механічною стійкістю привода. Термін служби камери дуже великий, 100 - 250 тис. операцій.

На основі розглянутої вище вакуумної дугогасильної камери КДВ створені вимикачі на напругу 10-110 кВ із поминальним струмом до 3200 А и струмом відключення до 31,5 кА.

У вимикачах з поминальною напругою 110 кВ і вище застосовуються трохи дугогасильних камер, включених послідовно. Для рівномірного розподілу напруги між ДУ необхідно встановлювати ємнісні дільники.

На рисунку 4.1 показаний вакуумний вимикач ВВТЕ - 10-10/630УГ, призначений для комутації електричних кіл 10 кВ у нормальних і аварійних режимах, що вбудовується в осередки КРП.

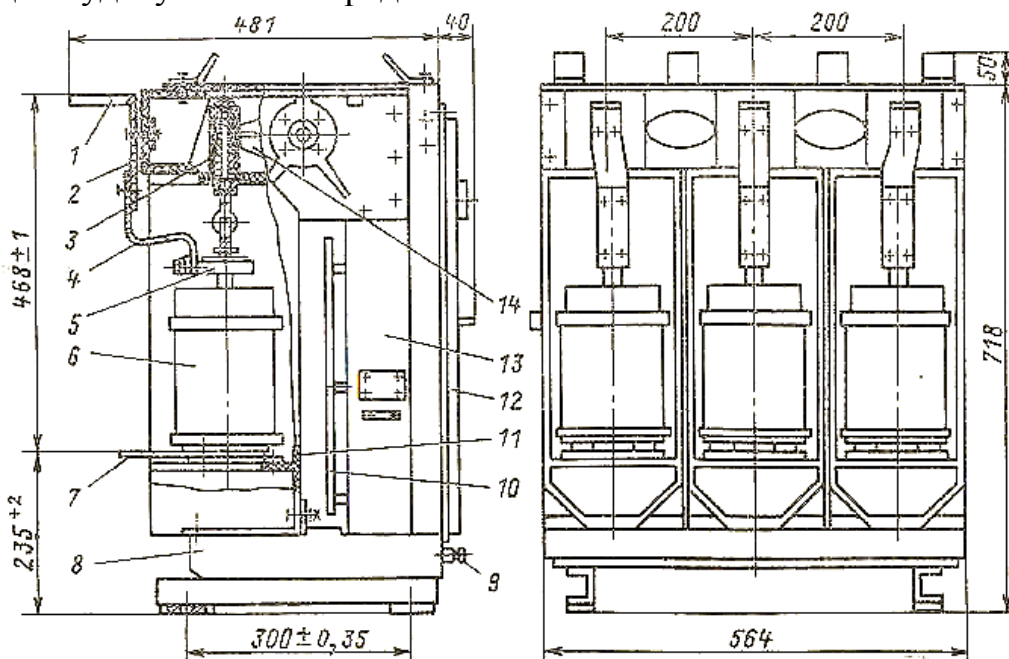


Рис. 4.1 - Вакуумний вимикач ВВТЕ-10-10/630 В2

На рамі 8 за допомогою ізоляційних каркасів 11 укріплені три дугогасильні вакуумні камери 6. Висновок рухливого контакту 5 за допомогою гнучкого зв'язку 4 з'єднаний з верхнім контактним ножом 1, укріпленим на ізоляційній балці 2, нерухливий контакт камери пов'язаний з нижнім ножом 7. Електромагнітний привод 13 через систему тяг і ізоляційну плиту 14 пов'язаний з рухливими контактами. Кінцеве контактне натискання забезпечують пружини 3. Сталева перегородка 10 призначена для захисту постійних магнітів, що перебувають у приводі, від впливу електромагнітних полів головних ланцюгів вимикача. Вимикач закритий передньою кришкою 12 з вікнами для спостереження за механічним покажчиком включеного й відключеного положень і лічильником числа циклу В. Заземлення здійснюється за допомогою болта 9. Розглянутий вимикач розрахований на 2000 операцій У при номінальному струмі й 50 операцій при струмі КЗ 10 кА. Повний час відключення 0,05с.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити принцип гасіння електричної дуги у вакуумних вимикачах.
2. У письмовому виді відповісти на питання:
 - особливості гасіння електричної дуги у вакуумі;
 - основні достоїнства й недоліки вакуумних вимикачів;
 - конструкція й принцип роботи вакуумного вимикача ВВТЭ-10-10/630 В2.
3. У лабораторії представлений вимикач ВВТЕ-10-10/630. Зверніть увагу на констрування вимикачів і конструктивне виконання елементів дугогасильної камери.

Контрольні питання

1. Як протікає процес відключення у вакуумному вимикачі?
2. Чим пояснити швидку швидкість відновлення електричної міцності?
3. Чим ускладнений процес відключення малих струмів?
4. Які вимоги пред'являються до матеріалу контактів вакуумного вимикача?
5. Переваги вакуумних вимикачів.
6. Недоліки вакуумних вимикачів.
7. Що являє собою дугогасильна камера вакуумного вимикача?
8. Як виконані контакти дугогасильних камери КДВ?
9. Призначення металевих екранів гасильної камери.
10. Чому дорівнює хід рухливого контакту в камері?
11. Які фактори обмежують величину струму, що відключається?
12. Як виконуються вакуумні вимикачі на напрузі 10 кВ і вище?
13. Розглянути конструкцію вимикача ВВТЕ - 10-10/630В2.

Лабораторна робота № 5 **Вивчення конструкції й принципу дії роз'єднувачів**

Мета роботи: вивчити принцип дії й конструкцію роз'єднувачів внутрішньої й зовнішньої установки.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації високовольтних роз'єднувачів

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними положеннями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

Основні типи роз'єднувачів

Роз'єднувач - комутаційний апарат напругою вище 1 кВ, призначений для створення видимого розриву й ізоляції частини електроустановки, окремих апаратів від суміжних частин, що перебувають під напругою, для безпечного ремонту. Крім свого основного призначення роз'єднувачі використовуються:

- для відключення й включення ненавантажених силових трансформаторів невеликої потужності й ліній невеликої довжини;
- для перемикання приєднань розподільних пристроїв з однієї системи збірних шин на іншу без перерви харчування;
- для заземлення відключених і ізольованих ділянок системи за допомогою допоміжних ножів, передбачених для цієї мети.

Роз'єднувачі, застосовувані в електроустановках, класифікуються по характері руху рухливого ножа, на:

- вертикально-поворотні або «» типу, що рубає, з обертанням ножа у вертикальній площині;
- горизонтально-поворотні з обертанням ножа в горизонтальній площині;
- хитні з обертанням ножа разом з підтримуючим ізолятором у вертикальній площині;
- що котяться, із прямолінійним рухом опорного ізолятора разом із закріпленим на ньому рухливим контактом у напрямку нерухливого контакту;
- складні, зі складним рухом ножа в площині, паралельної осям ізоляторів;
- підвісні з переміщенням рухливого ножа разом з підтримуючими ізоляційними гірляндами по вертикалі.

Роз'єднувачі можуть класифікуватися також:

- по роду установки - внутрішньої або зовнішньої;

- по числу полюсів - однополюсні або триполюсні;
- по способі керування - з ручним приводом або з руховим;
- по наявності й відсутності заземлюючих ножів.

Незалежно від конструкції роз'єднувачів до них пред'являються наступні основні вимоги:

- контактна система повинна надійно пропускати номінальний струм електроустановки як завгодно тривалий час і мати необхідну динамічну й термічну стійкість;
- роз'єднувач і механізм його привода повинні надійно втримуватися у включеному положенні при протіканні струму короткого замикання;
- проміжок між розімкнутими контактами роз'єднувача повинен мати підвищену електричну міцність;
- для виключення помилкових операцій з роз'єднувачами при включеному вимикачі, привод роз'єднувача необхідно блокувати із приводом вимикача.

Роз'єднувачі внутрішньої установки

Роз'єднувачі внутрішньої установки виконуються як однополюсними так і триполюсними. Триполюсні роз'єднувачі виконуються у двох варіантах: на загальній рамі й на окремій для кожного полюса. Окремі полюси поєднуються загальним валом, пов'язаним із приводом роз'єднувача.

Роз'єднувачі внутрішньої установки у своїй умовній позначці містять буквену й цифрову частини. Буквена частина складається з декількох букв що позначають: Р- роз'єднувач, якщо розташована на початку позначення, або типу, що рубає, якщо коштує наприкінці позначення; В- внутрішньої установки; О- однополюсний; Ф- фігурне виконання; К- коробчастого профілю; З- із заземлюючими ножами; П- з поступальним рухом головних ножів. Цифрова частина позначає: цифри 1 і 2, що коштують після першого дефіса, позначають число заземлюючих ножів; число перед дробовою рисою - номінальна напруга, кВ; число після дробу - номінальний струм в амперах; цифри II, III, IV у позначенні роз'єднувачів серій РВФ і РВФЗ показують, що прохідні ізолятори встановлені відповідно з боку шарнірних контактів, рознімних контактів і із двох сторін. Наприкінці умовної позначки ставиться категорія розміщення й кліматичне виконання. Наприклад, РВО-10/630ВЗ; РВФ-6/400ШУЗ; РВРЗ-2-10/4000ВЗ; РВК-35/2000ВЗ; РВПЗ-1-20/12500ВЗ.

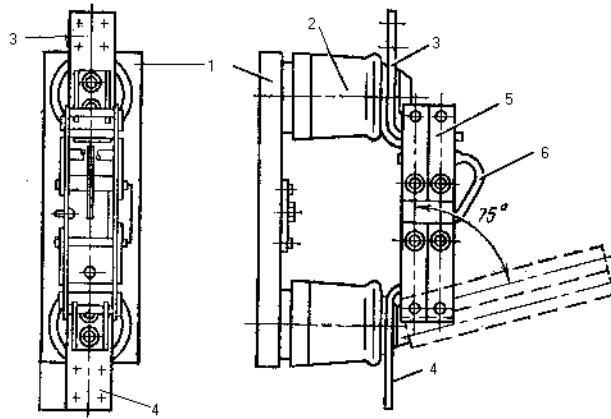


Рис. 5.2- Роз'єднувач серії РВО-10/1000

- 1- підстава; 2- опорний ізолятор; 3, 4 - нерухливі контакти;
5- рухливий ніж; 6- засувка з вушком

Роз'єднувачі внутрішньої установки виконують звичайно вертикально - поворотного або типу, що рубає, з ножами, що повертаються у вертикальній площині, перпендикулярної підставі. Розглянемо конструкції деяких роз'єднувачів внутрішньої установки. На рисунку 5.2 наведений роз'єднувач внутрішньої установки серії РВО-10/1000.

Роз'єднувачі даної серії випускаються на номінальні струми 400, 630 і 1000 А. Роз'єднувач складається з підстави 1, на якому закріплені опорні ізолятори 2 з нерухливими контактами 3 і 4. Нерухливі контакти з'єднуються між собою за допомогою рухливого ножа 5. У включеному положенні, для виключення мимовільного відключення, ніж заціпається спеціальною засувкою 6 з вушком. Поворот ножа, що складає із двох паралельних пластин прямокутного перетину, здійснюється оперативною штангою, палець якої при включенні й відключенні роз'єднувача заводиться у вушко засувки 6. Ніж роз'єднувача повертається на кут $75^{\text{пр}0}$ і втримується у відключеному положенні за рахунок власної ваги й тертя в контактах. Тому роз'єднувачі даної серії встановлюються вертикально таким чином, щоб вісь повороту рухливого ножа була внизу.

Триполюсні роз'єднувачі серії РВ, рисунок 5.3, являють собою три однополюсних роз'єднувачів, змонтованих на одній рамі із загальним валом і приводним механізмом. Кожний полюс має два нерухливі опорні ізолятори й порцелянову тягу, приєднану до загального вала. Бічні частини нерухливих контактів 2 мають циліндричну форму й тому із пластинами ножа 1 утворюють лінійний контакт. Необхідний тиск у контактах створюється пружинами 3, насадженими на стрижень. Тиск на пластини ножа передається через сталеві пластини 4 з виступами. При різкому збільшенні струму сталеві пластини намагнічуються й притягаються друг до друга, створюючи додатковий тиск у контакті. Магнітними замками забезпечується більша частина роз'єднувачів.

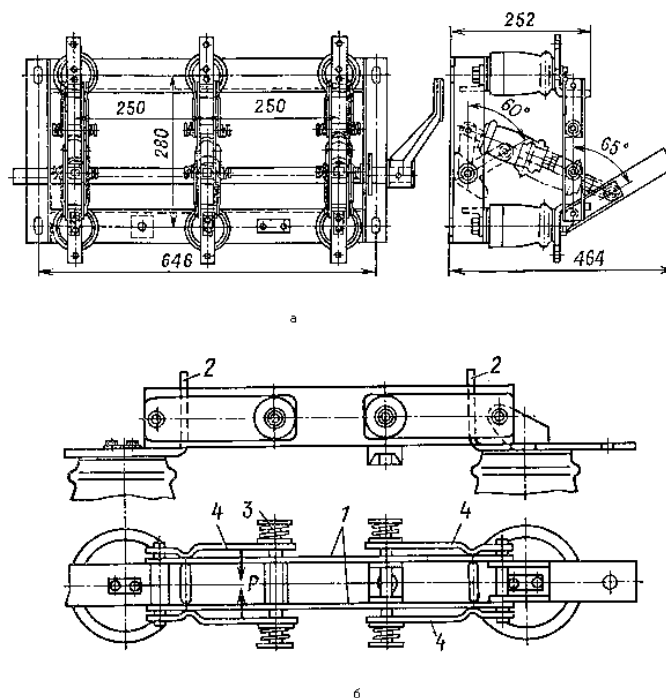


Рисунок 5.3 - Триполюсний роз'єднувач внутрішньої установки типу РВ-10/1000

а- триполюсний роз'єднувач; б- контактна система роз'єднувача; 1- пластини рухливого ножа; 2- нерухливі контакти; 3- притискні пружини; 4- сталеві пластини

Для керування роз'єднувачами передбачають приводи, пристрій яких залежить від номінального струму роз'єднувача. Роз'єднувачі на напругу 6 - 10 кВ із невеликим номінальним струмом можуть не мати привода. Включення й відключення кожного полюса такого роз'єднувача виробляється за допомогою ізолюючої штанги. Роз'єднувачі на напругу 6 - 20 кВ і номінальні струми до 4000 А мають ручні приводи. Роз'єднувачі цієї ж напруги, але розраховані на номінальні струми 4000 А і більше, мають приводи із черв'ячною передачею, керовані вручну або за допомогою електродвигуна. Для заземлюючих ножів є окремі приводи, звичайно важільні. Останні блокують із приводами головних ножів, щоб виключити можливість включення головних ножів при включених заземлюючих ножах.

Роз'єднувачі зовнішньої установки

Роз'єднувачі зовнішньої установки, установлювані у відкритих розподільних пристроях, повинні мати відповідну ізоляцію й надійно виконувати свої функції в несприятливих умовах навколишнього середовища. У розподільних пристроях напругою до 500 кВ включно набули широкого застосування роз'єднувачі горизонтально-поворотного типу з ножами, що обертаються в горизонтальній площині. У розподільних пристроях 750 кВ і вище застосовуються роз'єднувачі вертикально-поворотного типу й роз'єднувачі з поступальним рухом ножа.

Роз'єднувачі зовнішньої установки у своїй умовній позначці містять буквену й цифрову частини. Буквенна частина складається з декількох букв

що позначають: Р- роз'єднувач; Н- зовнішньої установки; Д- двохколонкової конструкції; В- вертикального виконання; З- із заземлюючими ножами; П- підвісного виконання; Т- телескопічний. Цифрова частина має таку ж структуру, що й у роз'єднувачів внутрішньої установки, крім підвісних роз'єднувачів. У підвісних роз'єднувачів цифрова частина позначає: цифри після першого дефіса - номінальна напруга, кВ; цифри 1 і 2 перед дробовою рисою - відповідно із прямою системою керування й з Г- образною тросовою системою керування; цифри після дробової риси - номінальний струм, А. Наприклад: РНДЗ.2-110/1000 ХЛ1; РНВ-750/4000 В1; РПД-500-1/3200 В1; РТЗ-1-1150/4000 В1.

На рисунку 5.5 зображений полюс роз'єднувача горизонтально-поворотного типу РНДЗ-2- 110/1000, називаного інакше двохколонковим.

Полюс двохколонкового роз'єднувача складається з рами 1, двох ізоляторів 2, закріплених на рамі рухливо й здатних обертатися навколо вертикальної осі, двох накладок для приєднання шин 3, закріплених рухливо на шапках поворотних ізоляторів 2 і з'єднаних з ножами 5 і 6 за допомогою гнучкого зв'язку 4. Ніж 5 з ламелями й ніж 6, виконаний у вигляді лопатки, жорстко прикріплені до поворотних ізоляторів 2, утворюють контактну систему.

Поворотні ізолятори, а точніше їх нижні чавунні фланці, зв'язані один з одним тягою 8, рисунок 5.5.

При відключенні роз'єднувача ізолятори 2, рисунок 5.5, повертаються одночасно навколо своїх осей приблизно на 90 градусів, і ножі розходяться в одну сторону.

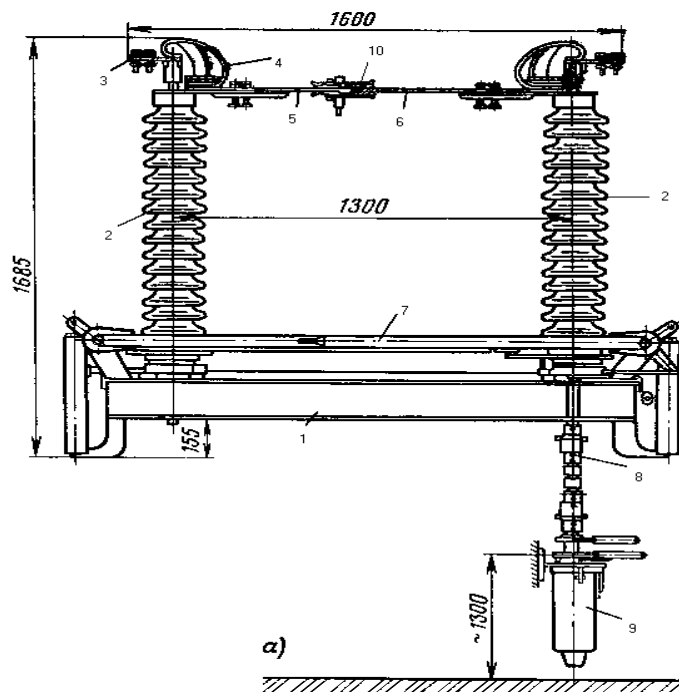


Рис. 5.5 - Роз'єднувач зовнішньої установки серії РНДЗ-2-110

1-рама; 2- опорний ізолятор; 3 - наконечник для приєднання шин; 4 - гнучкий зв'язок; 5 - головний ніж з ламелями; 6 - головний ніж без ламелей; 7 - заземлюючі ножі; 8 - тяга приводу; 9- привід; 10- контакти роз'єднувача

При включенні роз'єднувачі ізолятори 2 обертаються у зворотну сторону й ножі сходяться. Контакти 10 роз'єднувача перебувають у місці стику ножів 5 і 6, рисунок 5.5. Вони складаються з ряду пластин, ламелей 3, укріплених на ножі 5, і лопатки 4 на ножі 6, рисунок 5.6.

Тиск у контакті створюється пружинами 2, установленими на ламелях. Ламели з'єднані з ножем 5 за допомогою гнучкого зв'язку 1.

Дані роз'єднувачі пристосовані для роботи в зимовий час при ожеледі (при відключенні контакт «ламається» і руйнує лід).

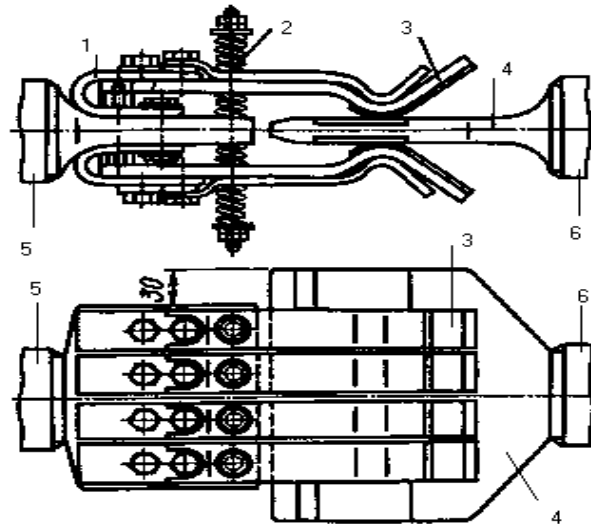


Рисунок 5.6 - Рознімний контакт роз'єднувача

При монтажі три полюси роз'єднувача серії РНД збирають на загальній рамі й установлюють у горизонтальній площині.

Важелі поворотних ізоляторів трьох полюсів зв'язують трубчастими тягами й надають руху від одного привода. Можлива установка роз'єднувачів у вигляді окремих полюсів.

Керування роз'єднувачами роблять за допомогою ручного, важільного, черв'ячного або електромеханічного привода.

Роз'єднувачі серії РНД можуть мати заземлюючі ножі 7, рисунок 5.5.

Ножі заземлення можуть бути прибудовані як з однієї сторони роз'єднувача, так і по обидва боки. У цьому випадку на шапках крайніх ізоляторів установлюються спеціальні пластини з контактами для заземлюючих ножів.

При включенні ножів заземлення, вони замикають на землю проведення ланцюга, приєднаної до роз'єднувача. Між заземлюючими й робочими ножами обов'язково встановлюється механічне блокування, що не дозволяє включати заземлюючі ножі при включеному роз'єднувачі.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити призначення, основні вимоги, особливості конструкції роз'єднувачів внутрішньої й зовнішньої установок.

2. У звіті письмово відповісти на наступні питання:

- Призначення й область застосування роз'єднувачів, Де й для якої мети застосовуються віддільники?
 - У яких випадках допускаються операції включення й відключення електричних кіл роз'єднувачами?
3. За результатами пророблення теоретичного матеріалу у звіті намалюйте електричну схему приєднання одного й двох трансформаторів до лінії через роз'єднувачі.

Контрольні питання

1. Які операції виробляються роз'єднувачами?
2. Яких типів і на які номінальні напруги випускаються роз'єднувачі?
3. Поясніть пристрій і призначення магнітного замка в роз'єднувачів?
4. Які особливості конструкції роз'єднувачів зовнішньої установки?
5. Як улаштоване блокування заземлюючих ножів роз'єднувача серії РНДЗ?
6. У чому призначення гнучкого зв'язку в роз'єднувачі РНДЗ-35?
7. У чому складається відмінність віддільника від роз'єднувача?

Лабораторна робота № 6

Вивчення конструкції й принципів дії приводів вимикачів

Мета роботи: Ознайомитися з конструкцією й принципом дії приводів різної конструкції для високовольтних апаратів (вимикачів, роз'єднувачів), а також їхніми схемами керування.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації приводів вимикачів і роз'єднувачів

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними відомостями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

Приводи комутаційних високовольтних апаратів.

Приводи вимикачів.

Служать для включення, утримання у включеному стані й відключення вимикачів.

Приводи служать для включення й відключення вимикачів за рахунок енергії, що надходить у них від зовнішнього джерела. По виду використовуваної енергії вони можуть бути електромагнітними, пневматичними й пружинними. По способі включення й відключення вимикачів приводи підрозділяють на напівавтоматичне, здійснює включення вимикача за допомогою додатка мускульної сили, а відключення як дистанційно від ключа (пристрою релейного захисту), так і вручну, і автоматичне, здійснює включення й відключення вимикача дистанційно (від релейного захисту), а також відключення вручну.

Основними частинами привода є:

- силовий пристрій, що служить для перетворення підведеної до привода енергії в механічну;
- операційний і передавальний механізми, що служать для передачі рухи від силового пристрою до механізму вимикача й для втримання його у включеному положенні;
- пристрій, що відключає.

Найбільша робота відбувається приводом при операції включення.

Вимоги до електроприводів вимикачів:

- 1) повинні бути винятково надійними в експлуатації;
- 2) швидкодія;
- 3) робота при відсутності електроенергії в системі.

Джерелом енергії для керування вимикачем є електрична система при цьому енергія попередньо перетвориться й акумулюється, тобто не надходить безпосередньо в привод. Наприклад, вона акумулюється в ресиверах стисненого повітря для пневматичних приводів або в напружених

пружинах - пружинних приводів або накопичується в акумуляторних батареях для електромагнітних приводів. Акумуляюча енергія забезпечує роботу привода в аварійних умовах при відсутності електричної енергії, що поставляється системою.

Пружинний привід.

Енергія для включення вимикача запасється потужною пружиною, що заводиться вручну або електродвигуном (моторний-моторний-моторний-пружинно-моторний привод) через редуктор з більшим передаточним числом. Після закінчення процесу включення електропривода відбувається повторне заведення пружини. Пружинний привод з автоматичним заводом від електродвигуна забезпечує можливість багаторазового повторного включення з інтервалом 5-10 с. Недоліком пружинного привода є зменшення тягового зусилля наприкінці ходу при включенні апарата через зменшення деформації пружини. Для усунення цього недоліку пружинні приводи забезпечуються маховиком, що поглинає надлишкову енергію на початку включення й віддає її наприкінці.

Електромагнітні приводи.

Електромагнітні приводи ставляться до приводів прямої дії. Енергія споживається від джерела великої потужності. Зусилля, необхідне для включення вимикача створюється сталевим сердечником, що втягується в котушку електромагніта при проходженні по ній струму. При відключенні вимикача використовується інший електромагніт, що впливає на важіль механізму вільного розчіплювання. Достоїнство: простота конструкції й надійність роботи в умовах півночі. Недоліки: великий споживаний струм і необхідність джерела великої потужності.

Пневматичні приводи.

Створюють зусилля на включення вимикача за рахунок стисненого повітря, що подається в циліндр із поршнем, що заміняє елемент вимикача. Такі електричні приводи вимагають установки компресорів.

Приводи роз'єднувачів.

Бувають ручними або моторними. У ручних електроприводах використовуються черв'ячні передачі для зачеплення ножів роз'єднувача використовуються звичніше окремі приводи, які блокуються приводами головних ножів, щоб виключити можливість включення заземлюючих ножів при включених головних ножах. У всіх бойлерів приводів передбачені контакти-блоки-контакти для сигналізації положення ножів блокування. У роз'єднувачів зовнішньої установки привод головних ножів електродвигунів, що заземлюють ножів – ручний.

Електромагнітні приводи постійного струму застосовуються для керування всіма типами вимикачів напругою 10-220 кВ. Привод являє собою корпус із електромагнітом включення й операційним механізмом. У корпусі

розміщений також електромагніт відключення, контакти допоміжних ланцюгів, механізм ручного відключення й у ряді випадків механічний покажчик положення вимикача, жорстко пов'язаний з його валом.

На рис. 6.1 показаний привод для вимикача. Силовий пристрій - електромагніт включення - являє собою магнітопровід з обмоткою 3 і сердечником 2 зі штоком 1. Тягове зусилля, необхідне для включення вимикача, створюється сердечником 2, що втягується електромагнітом при проходженні по його обмотці струму. Зусилля передається вимикачу системою важелів операційного й передавального механізмів. Після завершення операції включення вимикача ланцюг електромагніта автоматично розривається й сердечник під дією сили ваги (і пружини) опускається вниз.

Для відключення вимикача в обмотку електромагніта відключення подається оперативний струм. Сердечник втягується електромагнітом, і його бойок ударяє в одну з ланок механізму вільного розчіплювання 9. Ланки механізму вільного розчіплювання складаються, вал вимикача повертається під дією убудованих пружин, що відключають, - відбувається відключення вимикача.

Зупинимося більш докладно на деяких елементах електромагнітного привода, з якими часто зіштовхується оперативний персонал у своїй практичній діяльності. До таких елементів ставляться замикаючий механізм, що відключає пристрій і механізм вільного розчіплювання.

Замикаючий механізм необхідний для втримання вимикача у включеному положенні. Найпростіша конструкція замикаючого механізму наведена на рис. 6.2. Утримуюче (замикаюче) ланка 1 з роликом 2 притискається засувкою 3 обертаючим моментом M . Для розчіплювання механізму, тобто для повороту ланки 1 у напрямку, зазначеному стрілкою M , треба засувку 3 повернути проти обертання годинної стрілки. Такий поворот виконується електромагнітом відключення 4 або вручну, впливом на важіль відключення.

Для надійної роботи замикаючого механізму третьові поверхні ролика й засувки піддаються шліфуванню, вони повинні втримуватися в чистоті й регулярно змазуватися незамерзаючим змащенням. Пристрій, що відключає, складається з електромагніта й феромагнітного сердечника, що переміщається усередині обмотки, зі штоком. При подачі напруги на обмотку електромагніта (ключем або від реле) його сердечник втягується й, ударяючи по "хвосту" засувки, розчіплює замикаючий механізм привода. Основні вимоги, які можуть бути пред'явлені до електромагнітних механізмів відключення, - це швидкодія й сталість динамічних характеристик незалежно від коливань (у припустимих межах) напруги джерела харчування й температури навколишнього середовища. Для цього повинне бути забезпечене вільне (без "заїдань") переміщення сердечника електромагніта на всьому його шляху, відрегульований запас ходу сердечника, перевірена надійна робота електромагнітного механізму відключення при відхиленнях напруги від номінального на його висновках.

Механізм вільного розчіплювання - система складних важелів у приводі є сполучною ланкою між силовим пристроєм і передавальним механізмом. Він роз'єднує силовий пристрій з передавальним механізмом для наступного відключення вимикача в будь-який момент часу незалежно від того, продовжує чи ні діяти сила, що здійснює включення. Необхідність такого механізму пов'язана з вимогою негайного відключення вимикача дією релейного захисту у випадку включення його на не усунуте КЗ.

На рис. 6.3 показана принципова схема дистанційного керування вимикачем з електромагнітним приводом. Схема відповідає відключеному положенню вимикача.

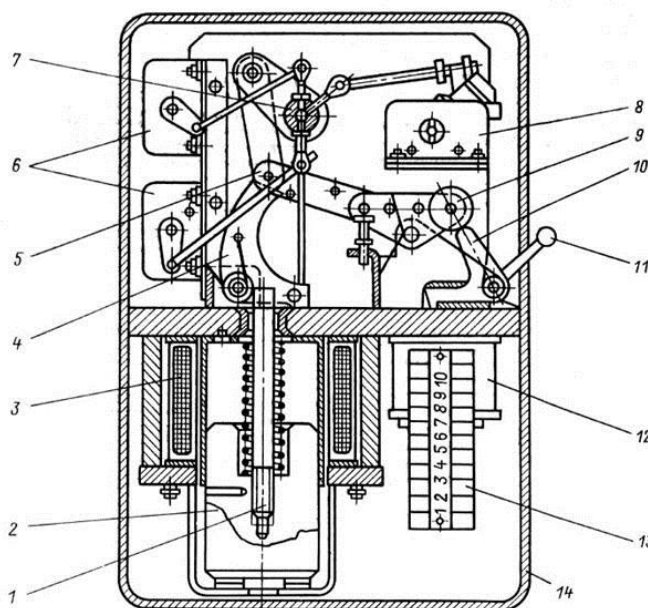


Рис. 6.1 - Привід електромагнітний для маломасляних вимикачів:

1 - шток із пружиною; 2 - сердечник; 3 - обмотка електромагніта включення; 4 - утримуючий важіль; 5 - ролик; 6, 8 - контактори допоміжних ланцюгів; 7 - вал привода; 9 - важелі механізму вільного розчіплювання; 10 - засувка; 11 - важіль ручного відключення; 12 - електромагніт відключення; 13 - зборка затисків; 14 - корпус привода

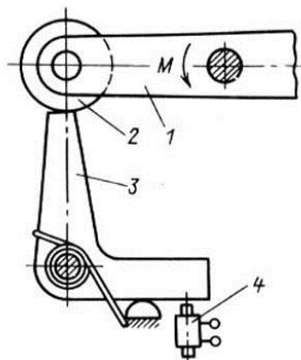


Рис.6.2 - Замикаючий механізм

Включення вимикача здійснюється поворотом рукоятки ключа SA на 45° по годинній стрілці, при цьому замикаються контакти 1-3 у ланцюзі реле

команди "включити" *KCC*. Це реле замикає контакти *KCC .1* у ланцюзі живлення контактора *KM*. Контактор спрацьовує й замикає ланцюг електромагніта включення *YAC* - вимикач включається, ключ *SA* вертається в нейтральне положення. Аналогічно включається вимикач і при дії пристрою автоматики, де команда на включення подається реле.

Відключення вимикача здійснюється поворотом ключа на 45° проти обертання годинної стрілки, при цьому створюється ланцюг харчування реле команди "відключити" *KCT*. Реле замикає контакти *KCT.1*, у результаті чого через замкнуті допоміжні контакти привода вимикача *АкВ.1* подається напруга на електромагніт відключення *YAT* - вимикач відключається, ключ *SA* вертається в нейтральне положення.

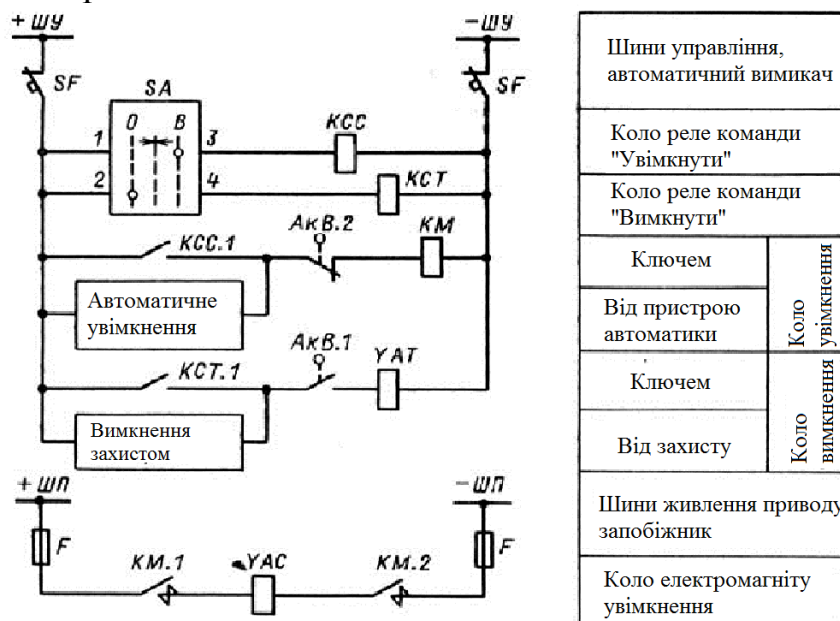


Рис. 6.3 - Схема керування вимикачем з електромагнітним приводом

Спрацьовування пристрою релейного захисту також приводить до відключення вимикача, тому що контакти вихідного реле захисту включені паралельно контактам реле *KCT*.

Помітимо, що реальні схеми керування вимикачами виглядають більше складними: вони містять ланцюги блокувань і сигнальні ланцюги.

Найважливішим блокуванням є блокування проти повторення операцій включення й відключення, коли є спроба включення вимикача після його автоматичного відключення на не усунуте КЗ. У цьому випадку команда на включення, подана ключем, зможе затягтися, а вимикач тим часом відключиться релейним захистом. Такий стан схеми керування приводить до повторного включення вимикача. Блокування забороняє в цьому випадку повторні включення.

Схеми керування звичайно доповнюються пристроями сигналізації у вигляді сигнальних ламп, що показують включений або відключений вимикач після зняття відповідної команди. У схемах передбачається світлова й звукова сигналізація про невідповідність положення вимикача і його ключа керування (наприклад, у випадку автоматичного відключення вимикача

релейним захистом), а також сигналізація контролю ланцюгів включення й відключення вимикача.

В електричних схемах керування й сигналізації вимикачів завжди є контакти, комутуючі допоміжні ланцюги: електромагнітів включення й відключення, сигнальних ламп і інші ланцюги постійного струму. Контакти управляються за допомогою кінематичних передач між валом привода й валом контактора. Швидкість спрацьовування контактів визначається технологічною необхідністю: є контактні пари, які повинні швидко розмикатися (або замикатися) наприкінці виконання операції або навіть після її завершення; є контакти, швидкість спрацьовування яких залежить від швидкості руху частин, що переміщуються, і т.д. Конструкції контактів досить різноманітні. У вітчизняних приводах використовуються складальні контакти типу КСА. В експлуатації необхідно стежити за станом контакторів, порушення в роботі яких може привести до відмови в роботі привода.

Схеми керування й сигналізації застосовуються на підстанціях у різних варіантах залежно від типу вимикача і його привода, використання пристроїв телемеханіки й інших умов.

Пневматичні приводи застосовуються для керування масляними вимикачами серій В, С і ін. Джерелом енергії для них є стиснене повітря. Як силові елементи використовуються поршневі пневматичні блоки однієї дії (рис 6.4), у яких стиснене повітря при роботі привода подається з однієї сторони поршня 3, а зворотний хід поршня здійснюється дією пружини 4. Кінематична схема пневматичного привода подібна до схеми електромагнітного привода.

До повітрозбірника приєднаний контактний манометр 2, що контролює тиск стисненого повітря. Привод розрахований на номінальний тиск стисненого повітря 2 МПа. Об'єм повітря в повітрозбірнику достатній для здійснення циклу АПВ.

Привод кріпиться на баку вимикача й з'єднується тягою з механізмом полюса вимикача. Кожний полюс має самостійну схему керування, що забезпечує дистанційне триполюсне й по фазне керування вимикачем.

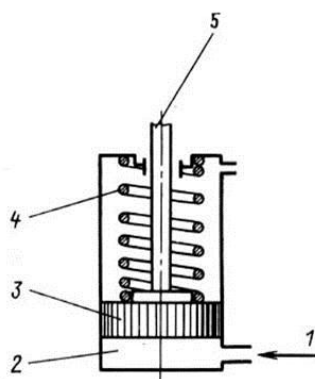


Рис. 6.4 - Принципова схема поршневого пневматичного блоку однієї дії: 1 - подача стисненого повітря; 2 - циліндр; 3 - поршень; 4 - пружина; 5 – шток

На рис. 6.5 показаний пневматичний привод типу ШПВ-46П, створений на базі електромагнітного привода. У ньому замість електромагніта включення встановлений пневматичний блок, що складається з робочого циліндра 4, дуттєвий клапани 5, патрубків 6, що з'єднує дуттєвий клапан з повітрозбірником стисненого повітря 1, пристрою ручного відключення 3, електропідігрівача 7, що включається при низьких температурах зовнішнього повітря.

Пружинні приводи призначаються для маломасляних вимикачів 6-10 кВ. Джерелом енергії в приводах служать потужні попередньо заведені робочі пружини. Заход пружини звичайно здійснюється за допомогою електродвигуна, з'єданого з редуктором, але можливий і ручний завод знімним важелем. Час заводу пружин для різних типів приводів становить від декількох секунд до десятків секунд.

Операція включення вимикача, виконувана за рахунок потенційної енергії робочих пружин, може відбуватися лише після їхнього повного заводу, що контролюється спеціальним блокуванням і сигналізується показником готовності привода до роботи. У пружинних приводах ППМ-10, ПП-67 робітники пружини повинні заводитися перед кожною операцією включення. Заход робочих пружин можливий як при відключеному, так і при включеному вимикачі - в останньому випадку для здійснення електричного АПВ.

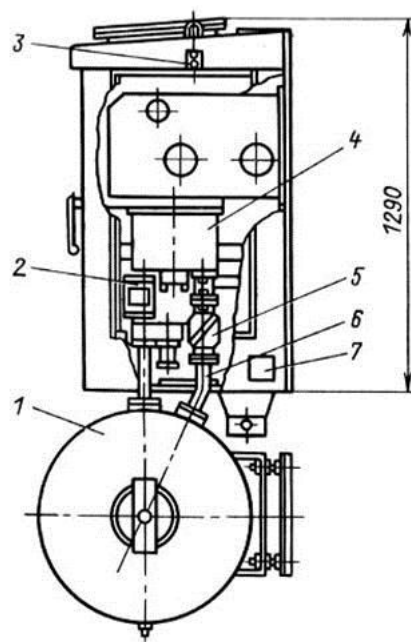


Рис. 6.5 - Пневматичний привод типу ШПВ-46П

Відключення вимикача виконується за рахунок енергії пружин, що відключають, розташованих у механізмі самого вимикача. У приводах установлені електромагніти включення й відключення, кнопки подачі команд на електромагніти, є показник готовності привода до включення, а також механічний показник положення вимикача.

Одне з переваг пружинних приводів полягає в тому, що вони не вимагають для своєї роботи джерела постійного оперативного струму. Живлення оперативних ланцюгів керування, оперативних ланцюгів релейного захисту й автоматики, ланцюгів обігріву шаф КРУ здійснюється від джерел змінного струму

Причини відмови приводів

Розповсюдженими причинами відмови приводів є неякісне регулювання, затирання в механізмі розчіплювання й сердечників електромагнітів, дефекти пружин, порушення зв'язків між частинами механізму привода через випадання осей, пальців.

Часті відмови в роботі вимикачів із пружинними приводами. Відзначено випадки мимовільного включення вимикачів цього типу під час заводу пружин.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити конструкцію й принцип дії приводів вимикачів
2. У письмовому виді відповісти на питання:
 - Класифікацію приводів вимикачів, їхнього достоїнства й недоліки;
 - Докладно описати конструкцію й принцип дії електромагнітного привода вимикача;
3. У лабораторії представлений Електромагнітний привод вакуумного вимикача. Зверніть увагу на компонування привода й вимикача, конструктивне виконання елементів включення й вимикання вимикача.

Контрольні питання

1. Яку енергію використовують приводи вимикачів?
2. Які приводи бувають?
3. Які приводи використовуються у вимикачах?
4. Які приводи використовуються в роз'єднувачах?
5. Поясніть принцип дії електромагнітного привода.
6. Які неполадки виникають в електромагнітних приводах?
7. Поясніть принцип керування електромагнітним приводом вимикача?
8. Для чого потрібний замикаючий механізм?

Лабораторна робота №7

Вивчення конструкції й принципу дії вимірювальних трансформаторів струму

Мета роботи: вивчити принцип дії, режими роботи й конструкції вимірювальних трансформаторів струму, застосовуваних у закритих, відкритих і комплектних розподільних пристроях електроустановок.

Підготовка до лабораторної роботи

До початку лабораторної роботи повторити:

- вимоги до високовольтних апаратів;
- призначення й класифікації трансформаторів струму

Після вивчення теоретичних питань і ознайомлення із загальними відомостями, наведеними в дійсних методичних вказівках, рекомендується відповісти на питання для самоперевірки.

Загальні положення

Призначення вимірювальних трансформаторів струму

Вимірювальним трансформатором струму (ТС) називається апарат, призначений для перетворення струму до значення, зручного для виміру, і виконаний таким чином, що вторинний струм, помножений на номінальний коефіцієнт трансформації $K_{I,ном}$, відповідає з необхідною точністю первинному струму як по модулі, так і по фазі.

Первинна обмотка ТС включається в ланцюг послідовно а вторинна обмотка замикається на деяке навантаження (вимірювальні прилади й реле), забезпечуючи проходження по ній струму, пропорційного струму в первинній обмотці, рисунок 7.1.

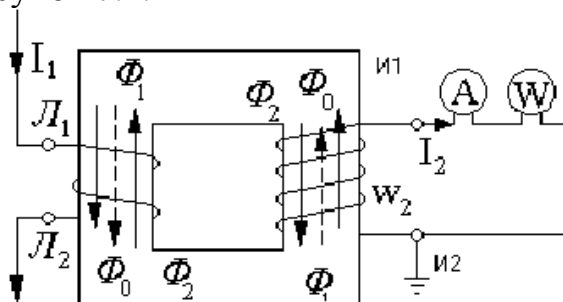


Рисунок 7.1 – Принципова схема трансформатора струму

У ТС високої напруги первинна обмотка ізолювана від вторинної обмотки (землі) на повну робочу напругу. Один кінець вторинної обмотки звичайно заземлюється. Тому вона має потенціал, близький до потенціалу землі.

Трансформатор струму здійснює:

- перетворення змінного струму будь-якого значення в змінний струм, прийнятний за значенням для безпосереднього виміру за допомогою стандартних вимірювальних приладів або для роботи реле захисту й автоматики;
- ізоляцію вимірювальних приладів, а також реле захисту й автоматики, до яких має доступ обслуговуючий персонал, від ланцюга високої напруги.

Класифікація трансформаторів струму

Всі ТС класифікуються по наступних основних ознаках:

- по роду установки: ТС для роботи на відкритому повітрі, для роботи в закритих приміщеннях, для вбудовування у внутрішні простори електроустановки, для спеціальних установок;
- по способі установки: прохідні ТС, призначені для використання як уведення й установлювані в прорізах стін, стель або в металевих конструкціях; опорні, призначені для установки на опорній площині; що вбудовуються, тобто призначені для установки у внутрішні простори електроустановки;
- по числу коефіцієнтів трансформації: з одним коефіцієнтом трансформації, з декількома коефіцієнтами трансформації, одержуваними зміною числа витків первинної або вторинної обмотки, або обох обмоток, або застосуванням декількох вторинних обмоток з різним числом витків, що відповідають різним значенням номінального вторинного струму;
- по числу ступенів трансформації: одноступінчасті, каскадні (багатоступінчасті), тобто з декількома щаблями трансформації струму;
- по виконанню первинної обмотки: одновиткові, багатовиткові.

Залежність погрішностей ТС від навантаження

Найменшу погрішність ТС має при замкнутій накоротко вторинній обмотці. При включенні навантаження зростає ЕРС, що веде до збільшення струму намагнічування. Таким чином, збільшення навантаження приводить до зростання погрішностей. У межі, при розімкнутій вторинній обмотці результуюча МРС $I_0 W_1$ стає рівної МРС первинній обмотці $I_1 W_1$, тобто вона різко збільшується, що приводить до різкого зростання магнітної індукції. Крива індукції внаслідок насичення стали сердечника, здобуває трапецієподібний характер (рисунок 7.2.), а крива напруги в затисків вторинної обмотки стає гостроверхою. Піки напруги можуть досягати декількох тисяч вольтів, що становить небезпеку для людей і для ізоляції трансформатора. Тому робота трансформатора струму з розімкнутою вторинною обмоткою не припустима.

Збільшення кута зрушення φ між струмом і напругою у вторинній обмотці (кута α близький до кута φ) приводить до збільшення струмової й зменшенню кутувий погрішностей.

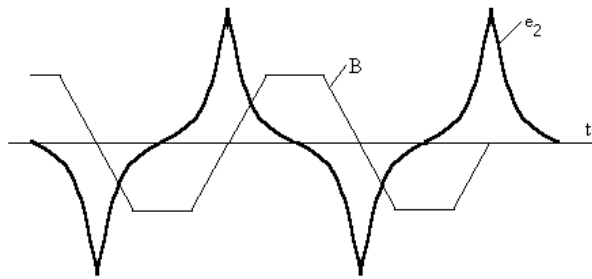


Рисунок 7.2 - Зміна в часі магнітної індукції й ЕРС трансформатора струму при розімкнутій вторинній обмотці

Виткова корекція

Найпростішим методом компенсації струмової погрішності ТС є відмотування частини витків вторинної обмотки (виткова корекція). Якщо $W_2 = W_{2н.м.}$, то погрішність по струму має негативний знак. Якщо число витків вторинної обмотки взяти менше, ніж $W_{2н.м.}$, то це приведе до збільшення струму I_2 . Збільшення вторинного струму приводить до зменшення негативної струмової погрішності або навіть до зміни її знака.

Якщо число витків вторинної обмотки після відмотування позначити через $W_{2\delta}$, то число відмотаних витків ΔW_2 буде дорівнює $W_{2н.м.} - W_{2\delta}$. При цьому дійсна струмова погрішність ΔI_δ визначається по вираженню

$$\Delta I_\delta = \frac{I_0}{I_1} \sin(\alpha + \psi) + \frac{W_{2н.м.} - W_{2\delta}}{W_{2н.м.}} \quad (7.1.)$$

Із цього вираження треба, що виткова корекція переміщає криву погрішності по струму паралельно самій собі, не змінюючи її кривизни, і тому дійсна погрішність по струму може виявитися як позитивною, так і негативною залежно від того, який зі членів вираження (7.1) буде більше.

Найбільшу компенсацію необхідно робити в області малих первинних струмів. Однак при цьому в області номінальних струмів при малих навантаженнях з'являється позитивна погрішність, що виходить за межі класу. Тому виткова корекція не завжди дає бажаний результат, що є недоліком даного методу.

На кутову погрішність ТС відмотування вторинних витків впливу не робить.

Для зменшення кутової погрішності можна застосувати короткозамкнений виток, якщо є запас по струмовій погрішності. Введення такого витка викликає збільшення активних втрат, що веде до зростання кута втрат ψ і зменшенню кутової погрішності й збільшенню погрішності по струму.

Компенсація погрішностей підмагнічуванням від стороннього джерела енергії

Трансформатор струму з підмагнічуванням від стороннього джерела складається із двох однакових магнітопроводів 1 і 2, рисунок 7.3.

На кожний магнітопровід, крім вторинної обмотки із числом витків W_2 , намотана додаткова обмотка із числом витків W_3 , що і використовується для підмагнічування магнітопроводу. Вторинні обмотки з'єднані послідовно й згідно, а обмотки підмагнічування - зустрічно.

Додаткові обмотки створюють у магнітопроводах 1 і 2 однакові магнітні потоки, які наводять у вторинних обмотках однакові, але протилежно спрямовані ЕРС. Останні взаємно компенсуються, тому додаткові обмотки не впливають на вторинний струм трансформатора.

Магніторушійна сила намагнічування магнітопроводу 1 при підмагнічуванні від стороннього джерела енергії дорівнює

$$\underline{F}'_0 = \underline{F}_1 - \underline{F}_2 + \underline{F}_3 \quad (7.2.)$$

і представлена на рисунку 7.3,б вектором ПРО. МРС F_2 і F_3 в магнітопроводі 2 спрямовані в одну сторону.

МРС \underline{F}_2 відповідає відрізку OD, а МРС \underline{F}_3 – відрізку DE.

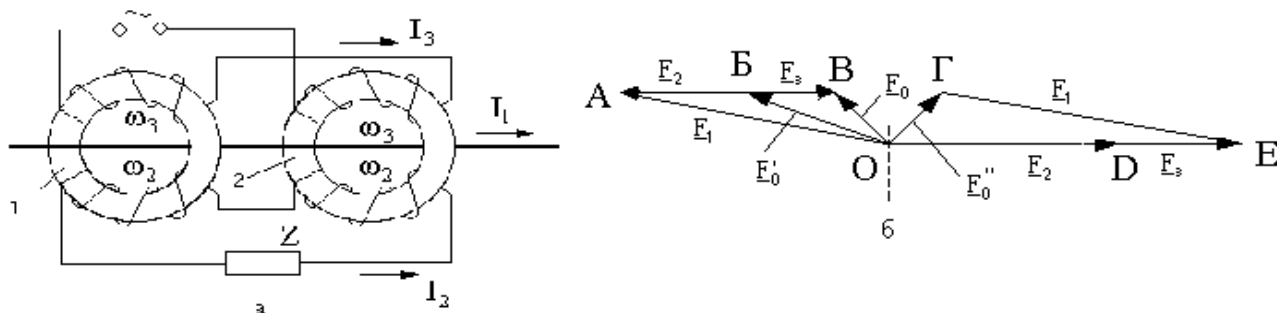


Рисунок 7.3 - ТС струму з підмагнічуванням від стороннього джерела енергії

а - схема трансформатора струму; б - векторна діаграма

Тому що МРС F_2 і F_3 мають однаковий напрямок, то МРС вторинної обмотки відповідає відрізку OE, а МРС \underline{F}_1 відповідає відрізку GE. МРС намагнічування цього магнітопроводу відповідає відрізку OG.

З векторної діаграми, рисунок 7.3, б видно, що МРС \underline{F}'_0 і \underline{F}_0'' збільшилися. Збільшення МРС намагнічування магнітопроводів 1 і 2 приводить до збільшення індукції й магнітної проникності магнітопроводів. Фазове зрушення між \underline{F}'_0 і \underline{F}_0'' близький до 180° . Тому сумарна МРС намагнічування F_0 , що діє в кожному магнітопроводі, виявляється невеликою.

До недоліків даного методу компенсації варто віднести складність конструкції ТС і необхідність в особливому джерелі енергії. У вітчизняній практиці підмагнічування від стороннього джерела застосовують тільки для трансформаторів струму нульової послідовності, призначених для захисту генераторів від замикань на корпус.

Компенсація погрешностей ТС підмагнічуванням полями розсіювання

Даний метод компенсації погрешностей трансформатора струму називається методом магнітного шунта й широко застосовується в багатовиткових трансформаторах струму напругою до 10 кВ. Прямокутний магнітопровід 1 такого трансформатора струму постачений магнітним шунтом 2, що виконують у вигляді П – образної скоби з декількох сталевих аркушів, рисунок 7.4. Вторинна обмотка трансформатора струму розділена на дві рівні частини із числом витків W_2' і W_2'' , які розташовані відповідно на стрижнях I і II. Частини вторинних обмоток включені згідно. Розподіл вторинної обмотки по двох стрижнях створює збільшені потоки розсіювання.

Установка магнітного шунта 2 сприяє значному зростанню цих потоків. У стрижні II струмом I_2 створюється МРС, рівна $I_2 W_2''$. Ця МРС створює потік розсіювання Φ_{s2} , що замикається через магнітний шунт 2.

У стрижні I діє МРС, рівна $I_1 W_1 - I_2 W_2'$, котра створює потік розсіювання Φ_{s1} , що проходить також через магнітний шунт 2. Вибравши відповідним чином магнітний опір шунта, можна навіть при малих первинних струмах перенести робочу крапку в область із високим μ_a і понизити магнітний опір магнітопроводу.

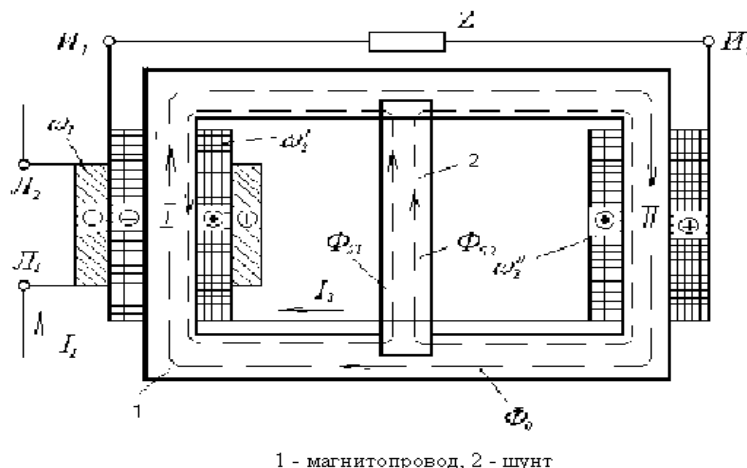


Рисунок 7.4 - Схема багатовиткового трансформатора струму с компенсацією погрешностей методом магнітного шунта.

У результаті МРС, необхідна для проведення потоку Φ_0 , різко падає, що веде до зменшення як струмової, так і куткової погрешності трансформатора струму.

При струмах, близьких до номінального й вище їх, відбувається насичення магнітного шунта й компенсація перестає діяти.

Конструкції трансформаторів струму внутрішньої установки

Трансформаторами струму для внутрішньої установки називаються трансформатори струму, призначені для роботи в опалювальних або не опалювальних приміщеннях при певних характеристиках навколишнього середовища.

Характеристики навколишнього середовища можуть сильно розрізнятися залежно від кліматичного виконання й категорії трансформатора струму, від специфічних умов його роботи (у розподільних пристроях електротермічних установок, у генераторних струмопроводах і т.д.) і від інших факторів. Група ТС внутрішньої установки досить різноманітна й по конструктивному виконанню. Це обумовлено різним компонуванням розподільних пристроїв, їхніми габаритами, способом кріплення трансформаторів струму й інших обставин. Крім того, на конструктивне виконання ТС у відомій мері впливають його номінальні параметри (номінальна напруга, номінальний струм, частота струму, число вторинних обмоток і т.д.).

Для основної ізоляції трансформатора струму внутрішньої установки використовується порцеляна або епоксидний компаунд. В останні роки ізоляція з епоксидного компаунда одержує усе більше широке поширення, витісняючи порцелянову ізоляцію.

Умовна позначка трансформатора струму внутрішньої установки складається із двох частин: буквеної й цифрової. Буквена частина складається з декількох букв, що мають наступні значення: Т - трансформатор струму, П - прохідний, О - одновитковий стрижневий, Ш - одновитковий шинний, В - з повітряною ізоляцією, убудований або з водяним охолодженням магнітопроводу, Г - для генераторних струмопроводів, К - котушковий, З - литий ізоляцією, М - модернізовані або малогабаритний, Ч - для підвищеної частоти, С - спеціальний.

Букви й позначення типу трансформатора токи розташовуються в певній послідовності. Цифрова частина умовної позначки, що коштує за буквеною частиною, відповідає номінальній напрузі трансформатора струму в кіловольтах.

Приклад умовної позначки типу трансформатора струму: трансформатор струму прохідний одновитковий з литий ізоляцією на номінальну напругу 10 кВ позначається ТПОЛ-10.

Прохідні шинні трансформатори струму типу ТПШЛ- 10

Трансформатори струму типу ТПШЛ-10, рисунок 7.5, являють собою прохідні шинні трансформатори струму з литою ізоляцією, на номінальну напругу 10 кВ. Основним призначенням їх є установка на генераторних шинах і шинах потужних трансформаторних підстанцій.

Трансформатор струму ТПШЛ-10 складається із двох розташованих рядом стрічкових сердечників 1 овальної форми, на кожний з яких намотана у вигляді багатовиткової спірالی вторинна обмотка 2. Як і весь шинні ТС, трансформатор ТПШЛ-10 не має власної первинної обмотки. Роль первинної обмотки в нього виконують шини розподільного пристрою, що пропускаються через внутрішню порожнину трансформатора токи.

Висновки первинної обмотки позначаються мітками Л1 і Л2. Висновки вторинних обмоток 3 розташовані на бічній поверхні корпуса поблизу

опорного фланця. Вони постачені мітками И1 і И2, що позначає початку й кінці вторинних обмоток.

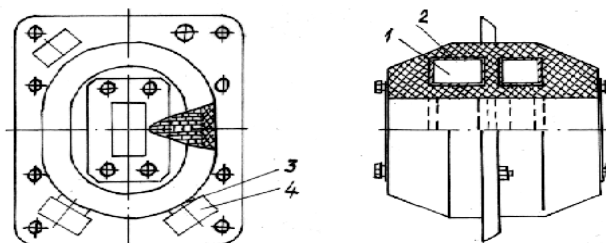


Рисунок 7.5 - Трансформатор струму типу ТПШЛ-10.

1 - стрічковий сердечник; 2 - вторинна обмотка; 3 - висновки вторинних обмоток; 4 - щиток з технічними даними

На лицьовій стороні опорного фланця, поруч із висновками вторинних обмоток, установлені щитки 4 з технічними даними трансформатора струму. Технічні дані трансформатора токи ТПШЛ-10: номінальний первинний струм: 2000, 3000, 4000 і 5000 А. Номінальний вторинний струм: 5 А.

Прохідні трансформатора струму типу ТПЛ-10

Трансформатори струму типу ТПЛ-10, рисунок 7.6, являють собою опорні багатовіткові (з петлевою первинною обмоткою) трансформатори струму з литою ізоляцією на номінальну напругу 10 кВ.

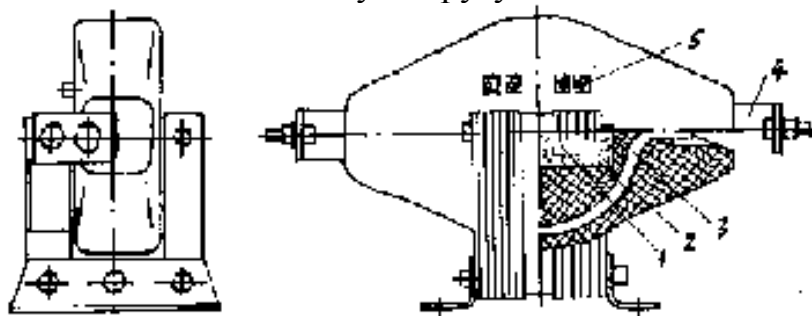


Рисунок 7.6 - Прохідний трансформатор струму типу ТПЛ-10

1 - сердечник; 2- котушки вторинних обмоток; 3- первинна обмотка; 4- виводи контактів первинної обмотки; 5- виводи контактів вторинних обмоток

Трансформатор струму ТПЛ-10 складається з одного або двох розташованих поруч прямокутних (шихтованих) сердечників 1, на верхніх стрижнях яких розташовані котушки вторинних обмоток 2, намотані із круглого ізоляованого проведення. Котушки вторинних обмоток 2 охоплюються загальною первинною обмоткою 3, що також має вид круглої котушки, виконаної з ізоляованого мідного проведення або голої смугової міді (залежно від величини номінального первинного струму). Міжвіткова ізоляція обмоток виконується зі смуг електрокартону, що прокладаються між витками первинної обмотки.

Висновки первинної обмотки 4 виконані у вигляді плоских скоб, що виступають із торців корпусу. Скоби постачені кріпильними болтами з гайками й шайбами. Поблизу скоб на бічній поверхні корпусу є мітки Л1 і

Л2, що позначають початок і кінець первинної обмотки. Висновки вторинних обмоток 5 розташовані на бічній поверхні корпусу над сердечником і постачені мітками И1 і И2, що позначають початку й кінці вторинних обмоток. Технічні дані трансформаторів токи типу ТПЛ10. Номінальний первинний струм: від 5 до 400 А. Номінальний вторинний струм: 5 А.

Трансформатори струму типу ТПЛ-10 знайшли широке застосування в комплектних розподільних пристроях внутрішньої й зовнішньої установок.

Убудовані трансформатори струму

Убудовані трансформатори струму відрізняються від інших трансформаторів струму відсутністю власної первинної обмотки й повною відсутністю допоміжних частин, що становлять конструктивне оформлення трансформатора, рисунок 6.8.

Убудований трансформатор струму являє собою стрижневий трансформатор струму, що використовує як основна ізоляція, ізоляцію уведень масляного вимикача або силового трансформатора. Тому убудовані трансформатори досить дешеві й не вимагають особливого місця для установки. Первинною обмоткою трансформатора служить струмоведучий стрижень прохідного ізолятора вимикача або силового трансформатора.

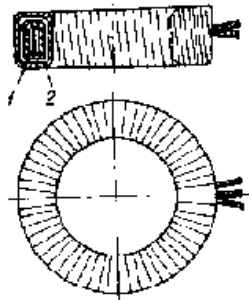


Рисунок 7.7 - Убудований трансформатор струму
1-кільцевий сердечник; 2-вторинна обмотка

При цьому кільцевий сердечник 1 трансформатора з намотаною на нього вторинною обмоткою 2 розташовується під кришкою вимикача в особливій металевій коробочці, привареної до кришки. Вторинна обмотка трансформатора має відгалуження, що дозволяють змінювати в певних межах коефіцієнт трансформації.

Звичайно вторинна обмотка має чотири відгалуження, причому основні висновки дають коефіцієнт трансформації, що відповідає номінальному струму вимикача або силового трансформатора. При переході з одного відгалуження на інше точність виміру міняється.

Основним недоліком убудованих трансформаторів струму є низька точність виміру.

Убудовані трансформатори струму ТВ і ТВТ (Т- трансформатор струму, В- убудований, Т- убудований у силовий трансформатор) становлять частину конструкції вимикачів з більшим об'ємом масла на напрузі 35 кВ і вище й силових трансформаторів.

Конструкції трансформаторів струму зовнішньої установки

Трансформатори струму зовнішньої установки призначені для роботи у відкритих розподільних пристроях. Характеристики середовища, що оточує розподільні пристрої, значно розрізняються між собою. Це обумовлено різними кліматичними умовами, забрудненням атмосфери промисловими віднесеннями й т.п.

Трансформатори струму зовнішньої установки виготовляються на номінальні напруги від 35 до 1150 кВ і номінальні струми до 4000 А.

У цей час випускаються опорні ТС зовнішньої установки з наступними різновидами паперово-масляної ізоляції:

- с чисто паперово-масляною ізоляцією на номінальні напруги 35-500 кВ;
- с паперово-масляною ізоляцією конденсаторного типу на номінальні напруги 220, 330 і 400 кВ;
- с паперово-масляною ізоляцією конденсаторного типу римовидної форми на номінальні напруги 330 - 750 кВ.

Первинна обмотка трансформатора струму зовнішньої установки в більшості випадків складається із двох секцій, які можуть з'єднуватися паралельно або послідовно. Це дозволяє мати два коефіцієнти трансформації. Число вторинних обмоток у трансформаторах струму зовнішньої установки буває від двох до п'яти. Одна з них призначена для вимірів, а інші - для релейного захисту (Р).

Позначення типу трансформатора струму зовнішньої установки складається із двох частин: буквеної й цифровий. Буквена частина містить кілька букв, що мають наступні значення: Т - трансформатор струму; Ф - з порцеляною ізоляцією; Н - зовнішньої установки; К - з конденсаторною паперово-масляною ізоляцією або каскадний; М - модернізований; Д - для диференціального захисту; Р - для релейного захисту з ізоляцією римовидної форми.

Приклад позначення типу трансформатора струму: ТФЗМ-35-трансформатор струму зовнішньої установки з первинною обмоткою ланкового типу розташованої в порцеляновому ізоляторі, модернізований, на номінальну напругу 35 кВ.

Трансформатори струму типу ТФЗМ-35

Трансформатори струму типу ТФЗМ-35, рисунок 7.9, являють собою опорні багатовиткові маслonaполнені трансформатори струму в порцеляновій покривці на номінальну напругу 35 кВ.

Трансформатор струму даного типу складається з первинної обмотки 8 і вторинної обмотки 10 з магнітопроводом, поміщеним у порцелянову покривку 9, заповнену трансформаторним маслом 11. Первинна обмотка складається із двох секцій, які за допомогою перемикача 2 можуть з'єднуватися послідовно (положення перемикача I) або паралельно (положення перемикача II), що дозволяє змінювати коефіцієнт трансформації у два рази.

Первинна обмотка з багатожильного проведення проходить через магнітопровід із вторинною обмоткою. Таку конструкцію обмоток називають ланковий або восьмеричної.

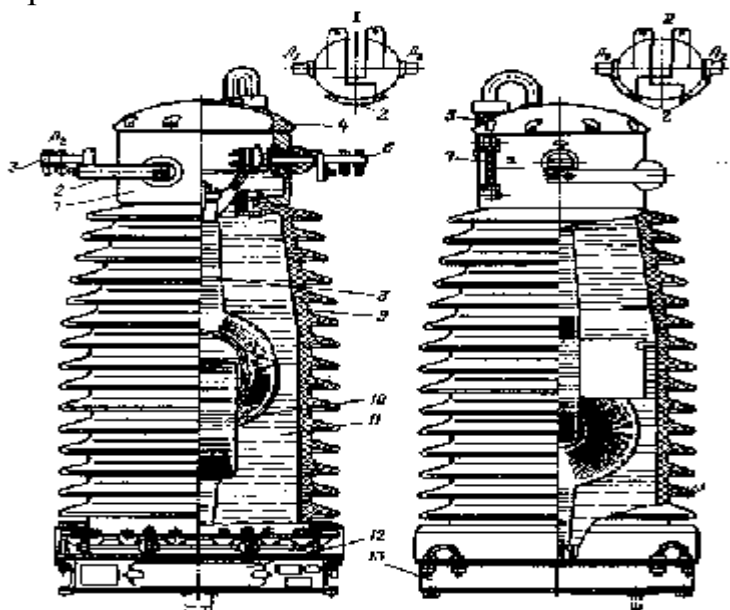


Рисунок 7.9 - Конструкція трансформатора струму типу ТФЗМ-35

1-маслорасширитель; 2- перемикач первинної обмотки; 3- уведення L_2 ; 4- кришка; 5- влагопоглинач; 6- уведення L_1 ; 7- масловказівник; 8- первинна обмотка; 9- порцелянова покришка; 10 -магнітопровід із вторинною обмоткою; 11- масло; 12- коробка висновків вторинних обмоток; 13- цоколь

На порцеляновій покришці 9 установлений маслорозширювач 1, що сприймає коливання рівня масла. Для поглинання вологи зовнішнього повітря, з яким повідомляється внутрішня порожнина маслорозширювача, призначений сілікагелевий влагопоглинач 5. Для спостереження за рівнем мастила в маслорозширювачі передбачений масловказівник 7. Обмотки й порцелянова покришка кріпляться на сталевому цоколі 13. На бічних гранях цоколя розміщена коробка висновків вторинних обмоток 12 і щиток з технічними даними трансформатора струму. У стінках маслорозширювач укріплені виводи первинної обмотки 3 і 6. Вивід 6 є початком первинної обмотки й позначений L_1 , а висновок 3- кінець первинної й позначений L_2 . Вивід L_1 ізолюваний від маслорозширювача за допомогою порцелянкової втулки, а вивід L_2 електрично з'єднаний з ним.

Трансформатори струму даного типу мають один магнітопровід з обмоткою класу 0,5 і два або три магнітопроводи з обмотками для релейного захисту.

Завдання на лабораторну роботу

1. Вивчити конструкції трансформаторів струму, застосовуваних у закритих, відкритих і комплектних розподільних пристроях.
2. У звіті письмово відповісти на наступні питання:
 - Які типи трансформаторів токи застосовуються в закритих, відкритих і комплектних розподільних пристроях?

- Основні способи компенсації погрішностей трансформаторів струму (приведіть рисунок одного зі способів).
- Недоліки убудованих трансформаторів струму.
- Призначення прохідних трансформаторів струму.
- Як змінюється погрішність трансформатора струму від навантаження (покажіть на рисунку залежність погрішності трансформатора струму від навантаження).
- Яким образом можна змінювати коефіцієнт трансформації трансформатора струму типу ТФЗМ і чому при цьому клас точності залишається незмінним?
- У чому полягають особливості режиму роботи трансформатора струму?

Контрольні питання

1. Призначення вимірювальних трансформаторів струму?
2. Що таке коефіцієнт трансформації трансформатора струму?
3. Які частини трансформатора струму підлягають заземленню, для якої мети і як це здійснюється?
4. По яких ознаках і як можна класифікувати конструкції трансформаторів струму?
5. Що розуміється під струмовою погрішністю і як її визначити з векторної діаграми трансформатора струму?
6. Що являє собою кутлова погрішність і як її визначити з векторної діаграми трансформатора струму?
7. Що розуміється під повною погрішністю трансформатора струму.
8. Як впливає величина первинного струму на погрішності трансформатора струму?
9. Що таке виткова корекція і як вона здійснюється?
10. Назвіть способи зменшення погрішностей трансформатора струму й проаналізуйте їх.
11. Що розуміється під номінальним навантаженням трансформатора струму?
12. Перелічіть переваги й недоліки убудованих трансформаторів струму?
13. Яка особливість трансформаторів струму для зовнішньої установки?
14. Що впливає на погрішності трансформатора струму заданої конструкції?
15. Які значення номінальних вторинних струмів трансформаторів струму й з яких міркувань вони встановлені?

Лабораторна робота № 8

Оперативні перемикання в головних схемах електростанцій ТЕЦ та КЕС

Мета роботи: Ознайомитися з головними схемами електричних з'єднань електростанцій і принципами їх побудови по макетах. Вивчити порядок виконання оперативних перемикань при зміні нормальної схеми та при виводі устаткування у ремонт.

Підготовка до лабораторної роботи

У процесі підготовки до виконання роботи здобувач освіти повинен: вивчити загальні положення до лабораторної роботи; ознайомитися з макетами електростанцій (ТЕЦ та КЕС).

Загальні положення

Головне схемою електричних з'єднань електростанції називається графічне зображення схеми видачі електроенергії, що вироблена генераторами станції в систему й на власні потреби, на якій зображені з'єднання електричного встаткування, що безпосередньо беруть участь у виробництві й розподілі електричної енергії генератори, трансформатори, комутаційна апаратура й т.д. Електроустаткування і його зв'язки зображуються за допомогою умовних позначок відповідно до ДСТУ.

По способу зображення схеми бувають одно- і трилінійними. Більше поширення одержали однолінійні схеми, у яких всі з'єднання показуються для однієї фази, тому що дві інші аналогічні. Це спрощує схему й надає їй наочність.

Видача потужності на електростанції, як правило, виробляє на кількох напругах залежно від далекості споживачів. Електроустановка, що служить для прийому й розподілу електроенергії між споживачами, називається розподільним пристроєм. На електростанції число розподільних пристроїв дорівнює числу напруг. Таким чином, головна схема складається із джерел електричної енергії, силових трансформаторів і автотрансформаторів, розподільних пристроїв.

До головних схем, поряд з вимогами до схем РП (надійність, економічність, оперативна гнучкість, зручність і безпека експлуатації, обмеження струмів короткого замикання, можливість розширення), пред'являються такі вимоги:

Необхідність видачі всієї можливої потужності, тобто потужність не повинна «запиратися»:

Мінімум втрат електроенергії в елементах схеми.

На конфігурацію головної схеми впливають наступні фактори: тип електростанції (ТЕС, ТЕЦ, АЕС, ГЕС); число встановлених генераторів; далекість споживача; їх категорійність і потужність; число й потужність

ЛЕП на РП всіх напруг; спосіб зв'язку між РУ; спосіб резервування власних потреб (с. н.).

КЕС - конденсаційна електрична станція - споруджується поблизу джерел сировини й вилучена від споживачів електроенергії. На КЕС встановлюються турбіни конденсаційного типу й вся потужність видається споживачам і в систему на підвищених напругах (110 кВ і вище).

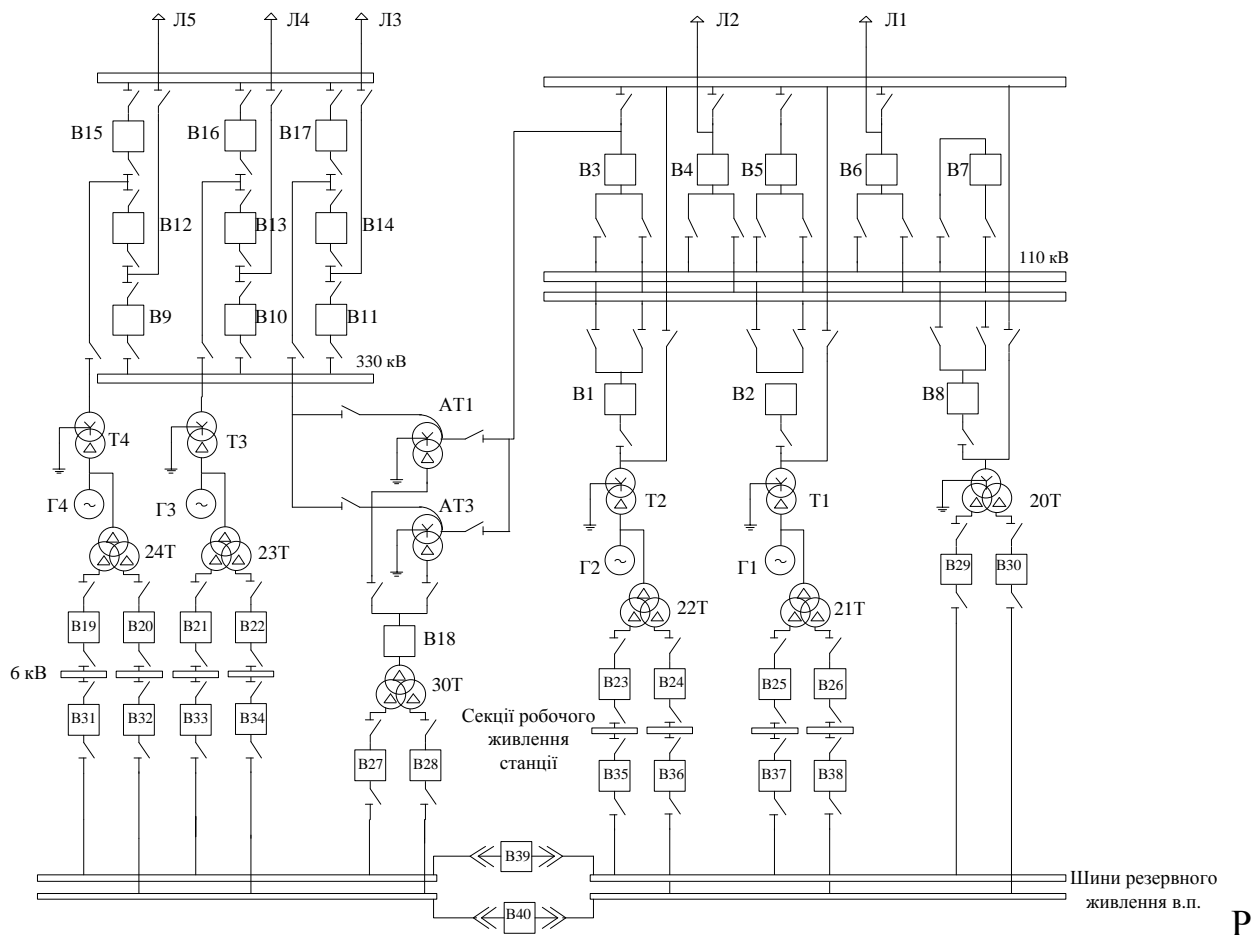
Одинична потужність турбоагрегатів КЕС - від 200 до 800-1000 МВт, напруга відповідно 15, 75; 20; 24 кВ. Тому що теплові навантаження на КЕС відсутні, то парогенератор з турбіною з'єднується за схемою блоку без поперечних зв'язків. Цей же блоковий принцип зберігається для електричної частини, де кожний турбогенератор з'єднується зі своїми підвищувальним трансформатором також за схемою блоку без поперечних зв'язків між генераторами на генераторній напрузі. Блоки «трансформатор-трансформатор-генератор-трансформатор» підключаються до РП середньої або вищої напруги, де й відбувається їхнє об'єднання на паралельну роботу. Зв'язок між РП вищої й середньої напруги здійснюється за допомогою автотрансформатора або трансформатора зв'язку.

ТЕЦ - теплоелектроцентраль - споруджується поблизу споживачів теплової й електричної енергії й має, отже, споживачів на генераторній напрузі. Для забезпечення надійного постачання теплової енергії є поперечні зв'язки між казанами, а для забезпечення тепловою енергією є поперечні зв'язки між казанами, а для забезпечення прилеглих споживачів електроенергією - зв'язку між генераторами на генераторній напрузі, тобто споруджується РП генераторної напруги, що називається головним (ГРП). Від нього харчуються споживачі генераторної напруги, а також здійснюється робоче й резервне живлення власних потреб (в.п.) Для живлення більше віддалених споживачів і для зв'язку ТЕЦ із системою споруджуються РП середньої й вищої напруги, які із ГРП й між собою з'єднані за допомогою трансформаторів або автотрансформаторів зв'язку.

На рис. 9.1 зображено головну схему ТЕС, на якій установлені чотири турбогенератори Г-1 - Г-4. Генератори з'єднані з підвищувальними трансформаторами за схемою блоку; два блоки підключені до РП середньої напруги й два блоки видають потужність безпосередньо в систему на вищій напрузі. Із цією метою на середній і вищій напругах споруджуються РП, які виконуються по певних схемах.

РП середньої напруги виконано за схемою із двома робочими системами збірних шин і однією обхідною. Збірні шини служать для об'єднання на паралельну роботу електричних приєднань. Блоки й лінії розподіляються між робочими збірними шинами рівномірно за допомогою роз'єднувачів - апаратів, які служать для оперативних перемикачів у РП. Зв'язок між робочими системами шин здійснюється за допомогою шиноз'єднувального вимикача В7 (ШЗВ). Обхідна система шин служить для забезпечення ремонту високовольтних вимикачів без відключення приєднання (ЛЕП або блоку). Із цією метою встановлюється один додатковий вимикач, називаний обхідним В4 (ОВ), яким можна замінити кожної із

блокових або лінійних вимикачів. У нормальному режимі роботи обхідний вимикач, як правило, відключений. Схема (рис. 8.1) зручна в експлуатації й має можливість розширення РП. Розподільний пристрій вищої напруги (зв'язку із системою) на макеті виконано за полуторною схемою. Полуторна схема має два робочі системи шин, до яких кожен два приєднання підключені через три вимикачі. Полуторна схема має більшу надійність у роботі й гнучкістю в порівнянні зі схемою «два робочі системи шин з обхідною», тому що навіть при відмові обох систем шин можлива видача потужності. Полуторну схему можна застосувати при напругах 330-750 кВ при числі приєднань більше восьми.



ис. 8.1 - Головна схема ТЕС

Зв'язок між РП середньої й вищої напруги здійснюється через два автотрансформатори (АТ1, АТ2).

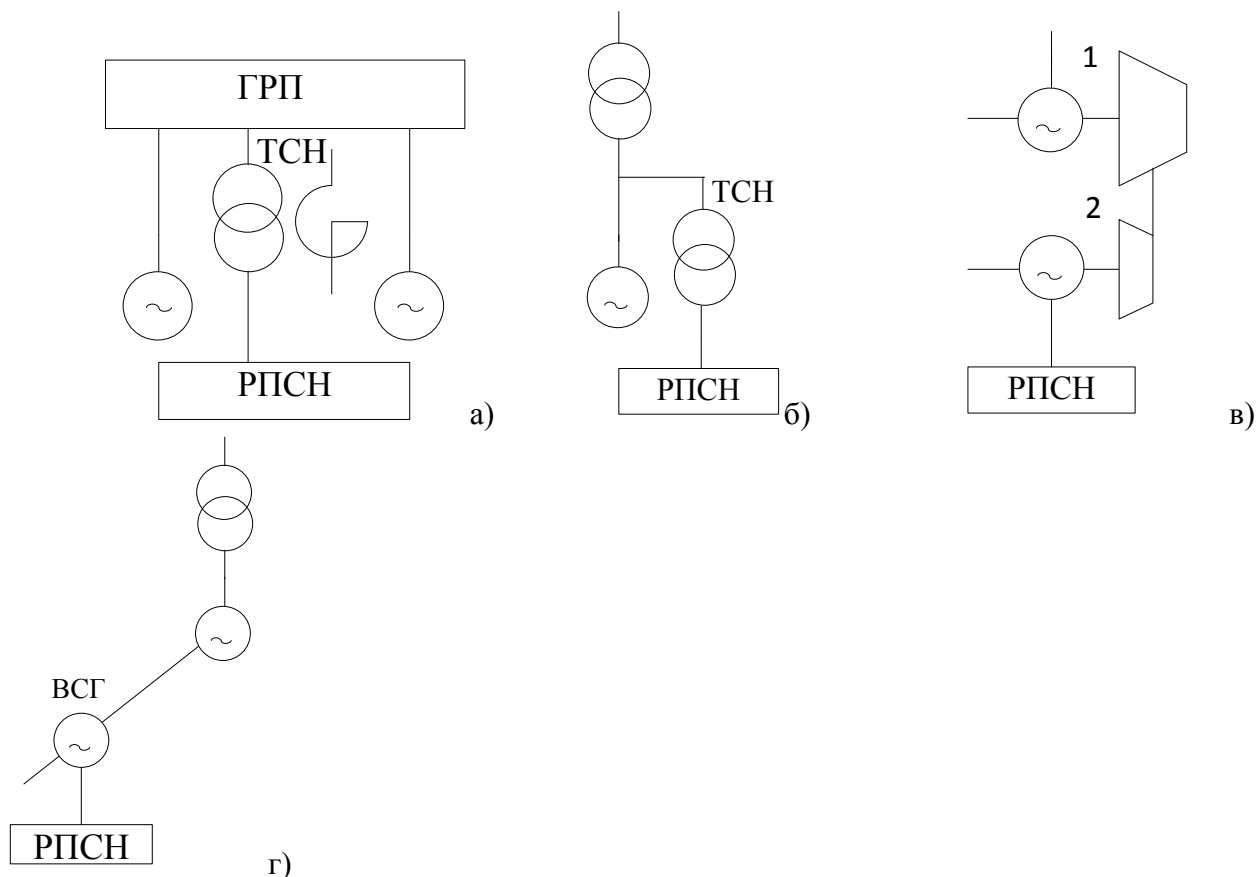


Рис. 8.2 - Структурні схеми робочого харчування власних потреб:
 а) від шин ГПУ; б) відпайкою від блоку; в) від допоміжного турбоагрегату; 1 - головний турбоагрегат; 2 - допоміжний турбоагрегат; г) від допоміжного генератора

На рис. 8.2 наведені структурні схеми робочого живлення власних потреб. Механізми й установки, що забезпечують нормальне функціонування систем тепловодоподачі, паливоприготування, водопідготовки, водопостачання, золовловлення, золовидалення й т.д., входять у систему власних потреб електростанції.

Власні потреби (в.п.) ТЕС живляться по блоковому принципу: через робочі трансформатори в.п., що підключаються відпайками до виводів генераторів. Розподільний пристрій с. н. виконуються з однією секціонованою системою шин.

Кількість секцій 6-10 кВ для блокових КЕС визначаються числом трансформаторів в.п. і їхнім типом. Секції попарно приєднуються до робочого трансформатора в.п. Застосування трансформаторів з розщепленими вторинними обмотками дозволяє зменшити на в.п. струмів к. з. Резервне живлення секції в.п. здійснюється від резервних магістралей, пов'язаних з пускорезервними трансформаторами в.п. Резервні магістралі для збільшення гнучкості й надійності секціонуються вимикачами через кожні три-два блоку. Число резервних трансформаторів на блокових КЕС приймається: один - при двох блоках, два - при числі блоків від трьох до шести, і три - при числі блоків більше шести, причому третій перебуває в «холодному» резерві. Потужність кожного резервного ТВП повинна

забезпечити заміну робочого трансформатора одного блоку й одночасний пуск або аварійний останов другого блоку.

У даній схемі в.п. ТЕС один пускорезервний трансформатор в.п. підключений через автотрансформаторні зв'язки. Другий резервний трансформатор підключений безпосередньо до РП середньої напруги.

Основними напругами, застосовуваними в цей час у системі в.п., є 6 кВ. Для потужних блокових КЕС можна застосовуватися напруга 0,66 кВ для електродвигунів 16-630 кВт і напруги 10 кВ - для великих електродвигунів.

На рис. 8.3 зображено головну схему ТЕЦ, на якій установлені три теплофікаційних агрегати. Вони підключені до ГРП, виконаному за схемою із двома системами шин, з яких одна (робоча) секціонована на три секції (по числу генераторів), а друга (резервна) - суцільна. Секції робочої системи шин з'єднані між собою через секційні вимикачі й ректори - апарати, призначені для обмеження струмів к. з. і підтримки на шині певного рівня напруги при ушкодженні за реакторами. При числі секцій >3 обов'язкова установка секційного вимикача між крайніми секціями.

На макеті ГРП, від нього відходять реакторні лінії до споживачів генераторної напруги, а також лінії робочого й резервного живлення в.п. Лінії споживачів реактуються у індивідуальний або груповий спосіб (одинарні або здвоєні реактори).

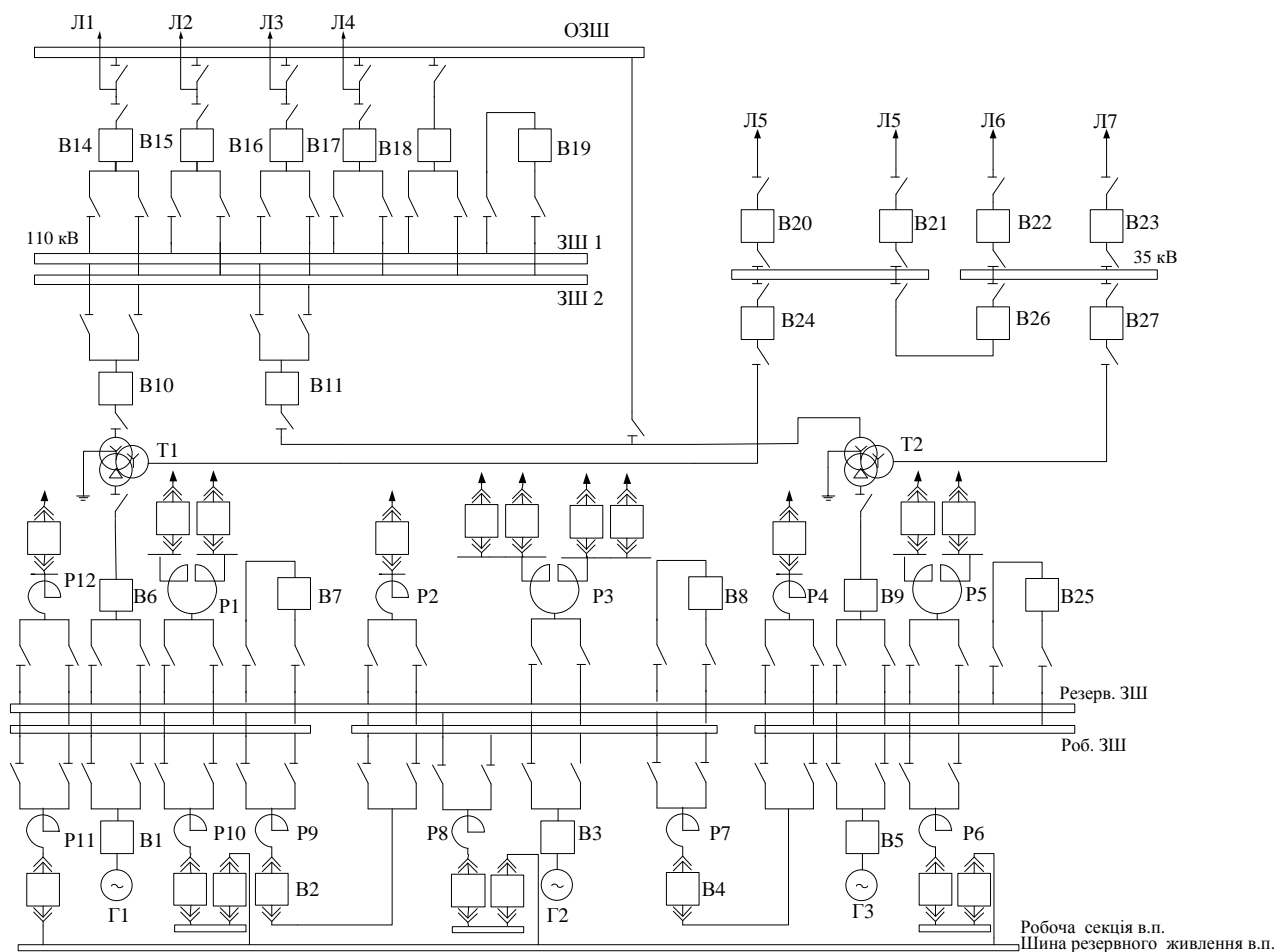


Рис. 8.3 - Головна схема ТЕЦ

Для живлення більше віддалених споживачів і для зв'язку ТЕЦ із системою встановлені трьохобмоточні трансформатори зв'язку.

РП середньої напруги виконано за схемою з однієї секціонованною системою шин; РП зв'язку із системою - за схемою «два робочі системи шин з обхідною».

Для живлення двигунів власних потреб споруджується розподільний пристрій в.п. з однієї секціонованною системою шин. Для турбогенераторів потужністю 12-30 МВт число секцій РП в.п. відповідає числу котлів на станції. Для турбогенераторів потужністю 50-100 МВт вибирається по двох секції на котел. Для підвищення надійності роботи станції живлення РП в.п. резервується за допомогою резервного трансформатора в.п. або резервного реактора при $U_{гру} = 6,3$ кВ.

Макети схем КЕС і ТЕЦ дають можливість шляхом перемикачів відповідних апаратів привести схеми до нормального виду й виконати оперативне перемикачання для заданих режимів роботи станційного встаткування. Основні правила при перемикачаннях наступні:

відключення й включення ланцюга з навантажувальним струмом виконується тільки високовольтним вимикачем;

для створення видимого розриву в ланцюзі першим відключається лінійний роз'єднувач, потім шинний;

ділянки електричної схеми, що ремонтуються повинні бути заземлені.

Для включення вимикача необхідно перевести тумблер у положення «Вкл.», для відключення в положення «Викл.». Для включення роз'єднувача необхідно повернути кружок зі смужкою посередині так, щоб біла смужка на ньому збігалася з напрямком струмопроводу. Для відключення роз'єднувача його смужку поставити поперек струмопроводу.

Устаткування

Макет головної схеми КЕС - 1 шт.

Макет головної схеми ТЕЦ - 1 шт.

Порядок виконання роботи

Ознайомитися із зображеними на макеті схемами ТЕС і ТЕЦ.

Охарактеризувати схеми розподільних пристроїв (РП) всіх напруг з погляду надійності, гнучкості, економічності, зручності експлуатації.

Усвідомити принципи побудови схеми ТЕС і зібрати на макеті головну схему ТЕС для нормального режиму роботи, ввімкнувши відповідні вимикачі й роз'єднувачі.

Усвідомити принципи побудови головної схеми ТЕЦ і зібрати її на макеті для нормального режиму роботи, ввімкнувши відповідні вимикачі й роз'єднувачі.

Намітити порядок операцій, які необхідно зробити для висновку в ремонт електроустаткування, наприклад, вимикача в схемі «два робочі системи шин з обхідною» або в «полуторній схемі» і т.д.

Зміст звіту

Звіт повинен містити: ціль роботи; заданий фрагмент принципової схеми КЕС (ТЕЦ); характеристику елементів головної схеми й схем РП; бланк перемикань для заданих операцій.

№ п/п	Найменування елемента	Призначення	Характеристика

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення головної схеми електростанції.
2. що такий розподільний пристрій?
3. Які вимоги пред'являються до головних схем?
4. Перелічите основні особливості КЕС і ТЕЦ.
5. Перелічите основні принципи побудови головної схеми КЕС.
6. Перелічите основні принципи побудови головних схем ТЕЦ.
7. Перелічите електроустаткування, зображене на головній схемі, укажіть його призначення.
8. Що загального в головних схемах ТЕЦ і КЕС?
9. Якісь основні відмінності головних схем ТЕЦ і КЕС?
10. Які принципи харчування в.п. н. ТЕЦ і КЕС?
11. Перелічите операції, які необхідно зробити для висновку в ремонт вимикача РУ вищої й середньої напруги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буряк В.М., Дейнеко Н.А. Експлуатація високовольтних вимикачів. Навчально-методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи. – Харків : ХНАМГ, 2006. – 74 с.
2. Гажаман В. І., Погуляев Є. С., Цимбалюк А. У. Посібник для працівників, які організують або виконують роботи в електроустановках / В. І. Гажаман, Є. С. Погуляев, А. У. Цимбалюк. – Харків : Форт, 2003. - 152 с.
3. Рубаненко О. Є. Вдосконалення методів і засобів діагностування високовольтних вимикачів : монографія / О. Є. Рубаненко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 188 с.
4. Остапчук О.В., Денисюк П.Л., Матеєнко Ю.П. Електрична частина станцій та підстанцій. Навчальний посібник. – Київ: КПУ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 182 с.
5. Бардик Є.І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання. – Київ: «Політехніка», 2022. – 250 с.

Електронне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

ПАНТЄЛЄЄВА Ірина Вікторівна
ПОНОМАРЕНКО Олена Михайлівна

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ І ПІДСТАНЦІЙ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної і заочної форм здобуття освіти за спеціальностями
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 Професійна освіта
(«Енергетика, електротехніка та електромеханіка»)

В авторській редакції

Підписано до розміщення 28.02.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,69. Обсяг 2,307 Мб. Зам. № 77/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна