Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра електроенергетики

МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

для студентів спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Дніпро
2022

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № 6 від 21.06.20) за поданням методичної комісії спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол № 21/22-01 від 30.08.2021).

Степаненко Ю.В.

Монтаж та експлуатація електрообладнання. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Ю.В. Степаненко; Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2022. – 74 с.

Автор:
Степаненко Ю.В., канд. техн. наук , доц.

Методичні матеріали призначено для практичної підготовки студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», які здобувають кваліфікаційний рівень бакалавра.

Методичні матеріали стануть у пригоді під час підготовки до модульного контролю за результатами лабораторних занять з дисципліни «Монтаж та експлуатація електрообладнання».

Розглянуто теоретичні засади розробки монтажних схем, методів визначення мсця пошкодження у кабельній лінії, систем захисту металевих оболонок кабелів від електрохімічної корозії, монтажу комплектних трансформаторних підстанцій, визначення кількості ремонтного персоналу.

Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

ЗМІСТ

1. Лабораторна робота М-1 “Розробка монтажних схем електроустановок”……..……..4
2. Лабораторна робота М-2 “Визначення відстані до місця пошкодження кабельної лінії”…….……..…....19
3. Лабораторна робота М-3 “Захист оболонок силових кабелів від корозії”.....37
4. Лабораторна робота М-4 “Монтаж комплектної трансформаторної підстанції внутрішнього установлення”..…..…….59
5. Лабораторна робота М-5 “Визначення кількості персоналу для здійснення ремонтів та міжремонтного обслуговування”…….....…….....65

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ…….……....74

Лабораторна робота 1 “ Розробка монтажних схем електроустановок ”

Мета роботи: вивчити основні правила складання монтажних схем, на підставі принципової електричної схеми розробити монтажну.

В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

Знати – різновиди електричних схем, умовні буквено-цифрові позначення в схемах, позначення електричних кіл, схеми з’єднань та підключення.

Уміти – розробляти електричні монтажні схеми на базі принципових.

Методичні вказівки

1. Загальні відомості про схеми та особливості схем електроустановок

Найбільш розповсюдженим засобом зображення різних пристроїв і установок, а також їх частин є метод проекцій, переважно на три взаємно перпендикулярні площини. Цей метод забезпечує передачу на кресленні відомостей про конструкцію того чи іншого пристрою, форму, взаємне розташування його частин, розміри, а також матеріали, способи обробки і допуски при виготовленні.

Однак, при цьому не можливо дати необхідну інформацію по монтажу та експлуатації, принципам дії окремих пристроїв і установок (наприклад, взаємодії рухливих частин механізму, руху рідини чи газу в гідро- або пневматичних установках, проходженні електричного струму в електроустановках).

Тому виділяють відповідні кінематичні, гідравлічні, пневматичні та електричні кола, кожне з який має визначені ознаки процесів, забезпечуваних пристроєм чи установкою.

Так, *електричне коло* – це сукупність пристроїв і об'єктів, що утворюють шлях для електричного струму, в яких електромагнітні процеси можуть бути описані за допомогою понять про електрорушійну силу, струм і напругу.

Засобами відображення різних кіл пристроїв і установок, а також повідомлення відомостей про їх монтаж і експлуатацію служать спеціальні креслення, називані схемами. На схемах умовними графічними позначеннями показують всі елементи пристрою чи установки і зв'язки між ними.

В електричних колах такими елементами є електричні машини, апарати і прилади або деякі їх частини (обмотки, контакти, резистори та ін.), а зв'язками між ними – провідники електричного струму (проводи, кабелі, шини).

У залежності від призначення розрізняють наступні типи схем: структурні, функціональні, принципові, з'єднань, підключення, загальні та розташування.

Структурні схеми показують основні функціональні частини пристроїв, їх призначення та взаємозв'язок. Вони виконуються на стадіях, що передують розробці схем інших типів, і використовуються для ознайомлення з пристроєм.

Функціональні схеми показують окремі процеси, що відбуваються в колах пристроїв (установок), і використовуються при вивченні їх загального принципу дії.

Принципові схеми служать підставою для розробки конструкторської документації. На них приводяться всі елементи і зв'язки між елементами. Вони дають детальне уявлення про принцип дії пристрою.

Схеми з'єднань показують зв'язки між елементами пристрою, чим вони здійснюються (проводи, джгути, трубопроводи), а також місця приєднань та введень. Схеми з'єднань використовуються при розробці конструкторської документації, у першу чергу конструкторських креслень, що визначають розташування та способи кріплення проводів, джгутів, кабелів, трубопроводів, апаратів і ін.

Схеми підключення показують зовнішнє підключення пристроїв.

Загальні схеми показують складові частини комплексів і з'єднання їх між собою на місці експлуатації.

Схеми розташування показують розташування складових частин пристроїв, а якщо необхідно, то й проводів, джгутів, кабелів, трубопроводів і ін.

Схеми можуть бути сполученими. Наприклад, на схемі з'єднань може бути показане зовнішнє підключення пристрою, а структурна схема може бути сполучена з функціональною.

Для електричних схем енергетичних установок замість назв “принципові схеми і схеми з'єднань” встановлені назви “повні та монтажні схеми”, що варто враховувати, оскільки ці назви зустрічаються досить часто.

Як відомо, процеси одержання, перетворення, передачі, розподілу та споживання електроенергії відбуваються в електричних колах електроустановок і електричних пристроїв. Тому основним засобом зображення електроустановок або пристроїв служать електричні схеми, на яких показують відповідні кола.

Найбільш важливими є принципові схеми, що дозволяють зрозуміти взаємодію всіх елементів електроустановки.

Поряд з нескладними електричними схемами з одного чи декількох електричних кіл і невеликою кількістю елементів (наприклад, схема освітлення з декількома світильниками, схема керування асинхронним електродвигуном) у багатьох випадках виконуються складні схеми (дистанційного керування, телемеханіки, релейного захисту та автоматики), що містять десятки кіл і відповідно безліч елементів різноманітного призначення.

У простих схемах, знаючи зміст умовних графічних позначень окремих елементів і зв'язків між ними, розібратися неважко. Для читання складних схем

цього недостатньо, оскільки на них додатково проставляються буквено-цифрові позначення, що вказують вид і порядковий номер кожного елемента, а також різні позначення (буквами, цифрами, буквами і цифрами) кіл та їх ділянок.

Особливістю схем електроустановок є використання в них умовних графічних позначень, застосовуваних у схемах інших видів. Це обумовлено наявністю в електроустановках електричних пристроїв з кінематичними і гідропневматичними зв'язками елементів.

Крім того, при виконанні електричних схем окремі елементи того самого пристрою (наприклад, обмотки і контакти реле, обмотки струму і напруги ватметрів і лічильників, магнітних підсилювачів) розносять по різних колах, що іноді знаходяться на різних кресленнях.

Цим обумовлена необхідність виконання електричних схем двома способами: сполученим і рознесеним. Другий спосіб переважно застосовують при виконанні принципових схем керування і контролю силовим електроустаткуванням.

Загальні вимоги до електричних схем установлені стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), у яких наведені визначення різних видів і типів схем, правила їх виконання, умовні графічні та буквено-цифрові позначення електричних пристроїв і їх елементів, а також позначення електричних кіл.

2. Умовні буквено-цифрові позначення в електричних схемах

Буквено-цифрові позначення (далі – позначення) призначені для запису в скороченій формі відомостей про об'єкт і його частини (пристрої, функціональні групи, елементи), посилань на відповідні частини об'єкта в текстових документах і нанесення безпосередньо на об'єкт та його частини (маркування).

У загальному випадку використовують складені позначення, що дають відомості про пристрій, функціональну групу, конструктивне розташування (конструктивне позначення), елемент (позиційне позначення), електричний контакт, документ, з яким сполучається даний документ, і номер його листа (адресне позначення).

Для побудови таких позначень застосовують прописні букви латинського алфавіту і арабські цифри, а також наступні знаки (символи, що класифікують):

- « = » для пристрою;
- « ^ » для функціональної групи;
- « + » для конструктивного позначення;
- « – » для позиційного позначення;
- « : » для позначення контакту.

Адресне позначення беруть у круглі дужки. Тільки позиційні позначення є обов'язковими, інші – додаткові.

В електричних схемах переважно застосовуються позиційні позначення елементів і кіл, обов'язковою частиною яких є буквене позначення виду елемента на першому місці та цифрове позначення його номера на другому.

Елементи можна позначати однією буквою – обов'язковою першою буквою коду.

Для уточнення виду елемента застосовується багатобуквений код. Наприклад, у трибуквеному коді HLR перша (обов'язкова) буква H означає сигнальний елемент, друга буква L уточнює, що це сигнальна лампа, а третя буква R точно вказує, який прилад застосований як сигнальний елемент – лампа з червоною лінзою. Першою буквою S позначають вимикач у колі керування, двобуквений код SB указує, що це кнопковий вимикач (кнопка), а трибуквені коди SBT і SBC покажуть, що це відповідно кнопки відключення та включення.

Якщо необхідно позначити контакт якого-небудь елементу, слід після позиційного позначення цього елемента поставити знак « **:** » і цифру, що вказує номер контакту. Наприклад, позначення К4Н:3 вказує, що це третій контакт сигнального реле К4.

Коди найбільш розповсюджених видів елементів наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Буквені коди найбільш розповсюджених видів елементів

Перша буква коду (обов'язкова)	Група видів елементів	Дво та три-буквений код	Види елементів
A	Пристрій	*AA* *AK* *AKS*	Регулятор струму Блок реле Пристрій АПВ
B	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів та джерел живлення) чи навпаки	*BA* *BF* *BK* *BL* *BM* *BS*	Гучномовець Телефон (капсуль) Тепловий датчик Фотоелемент Мікрофон Звукознімач
C	Конденсатори	*CB* *CG*	Силова батарея конденсаторів Блок конденсаторів зарядний
D	Інтегральні схеми, мікрозбірки	*DA* *DD*	Інтегральна схема аналогова Інтегральна схема цифрова, логічний елемент
E	Елементи різні	*EK* *EL*	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна

F	Розрядники, запобіжники, пристрої захисні	*FA* *FP* *FU* *FV*	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Те саме, але інерційної дії Запобіжник плавкий Розрядник
G	Генератори, джерела живлення	*GB* *GC* *GE*	Батарея акумуляторів Синхронний компенсатор Збудник генератора
H	Пристрої індикаційні та сигнальні	*HA* *HG* *HL* *HLA* *HLG* *HLR* *HLW* *HV*	Прилад звукової сигналізації Індикатор символьний Прилад світлової сигналізації Табло сигнальне Лампа сигнальна із зеленою лінзою Лампа сигнальна з червоною лінзою Лампа сигнальна з білою лінзою Індикатори іонні та напівпровідникові
K	Реле, контактори, пускачі	*KA* *KH* *KK* *KM* *KT* *KV* *KCC* *KCT* *KL* *KQ* *KQC* *KQT*	Реле струмове Реле вказівне Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги Реле команди увімкнення Реле команди вимикання Реле проміжне Реле фіксації положення вимикача Реле фіксації увімкненого положення вимикача Реле фіксації відключеного положення вимикача

		KQQ *KQS*	Реле фіксації команди на увімкнення або вимкнення вимикача Реле фіксації положення роз'єднувача
L	Котушки індуктивності, дроселі	*LL* *LR* *LG* *LE* *LM*	Дросель люмінесцентного освітлення Реактор Обмотка збудження генератора Обмотка збудження збудника Обмотка збудження електродвигуна
M	Двигуни		
P	Прилади, вимірювальне обладнання	*PA* *PF* *PI* *PK* *PR* *PT* *PV* *PW* *PC* *PG*	Амперметр Частотомір Лічильник активної енергії Лічильник реактивної енергії Омметр Годинник, вимірювач часу Вольтметр Ватметр Лічильник імпульсів Осцилограф
Q	Вимикачі та роз’єднувачі у силових колах (електропостачання, живлення обладнання и т. д.)	*QF* *QK* *QS* *QR* *QW* *QSG*	Вимикач автоматичний Короткозамикач Роз'єднувач Віддільник Вимикач навантаження Роз'єднувач, що заземлює
R	Резистори	*RK* *RP* *RS* *RU* *RR*	Терморезистор Потенціометр Шунт вимірювальний Варистор Реостат
S	Пристрої комутаційні у цілях керування, сигналізації та	*SA* *SF* *SB*	Вимикач або перемикач Вимикач автоматичний Вимикач кнопковий

	вимірювальних. П р и м і т к а. Позначення використовують для апаратів, що не мають контактів у силових колах	*SBC* *SBT* *SL* *SP* *SQ* *SR* *SK*	Те саме на увімкнення Те саме, на вимкнення Вимикач, який спрацьовує від рівня Те саме, що спрацьовує від тиску Те саме, що спрацьовує від положення (шляховий) Те саме, що спрацьовує від частоти обертання Те саме, що спрацьовує від температури
T	Трансформатори, автотрансформатори	*TA* *TS* *TV* *TL*	Трансформатор струму Електромагнітний стабілізатор Трансформатор напруги Трансформатор проміжний
U	Перетворювачі електричних величин у електричні, пристрої зв'язку (крім трансформаторів)	*UB* *UR* *UD* *UZ* *UG* *UF*	Модулятор Демодулятор Перетворювач випрямний Перетворювач інверторний Блок живлення Перетворювач частоти
V	Прибори електровакуумні, напівпровідникові	*VD* *VL* *VT* *VS*	Діод, стабілітрон Прилад електровакуумний Транзистор Тиристор
W	Лінії та елементи НВЧ, лінії електропередачі, антени		
X	З'єднання контактні	*XA* *XP* *XS* *XW* *XT* *XB*	Струмознімач, контакт ковзний Штир Гніздо З'єднувач високочастотний З'єднання розбірне Накладка, перемичка контактна

		XG *XN*	Випробувальний затискач З'єднання нерозбірне
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	*YA* *YAB* *YAC* *YAT* *YB* *YC* *YH*	Електромагніт Замок електромагнітного блокування Електромагніт увімкнення Електромагніт вимикання Гальмо з електромагнітним приводом Муфта з електромагнітним приводом Електромагнітний патрон чи плита
Z	Пристрої прикінцеві	*ZL* *ZQ* *ZA* *ZV* *ZF*	Обмежувач Фільтр кварцовий Фільтр струму Фільтр напруги Фільтр частоти

На схемах буквено-цифрові позначення проставляють біля графічних позначень елементів чи праворуч над ними.

3. Позначення кіл

Як уже відзначалося вище, електроустановки являють собою безліч кіл, кожне з яких має велику кількість ділянок, що забезпечують електричні зв'язки між елементами, які входять до них (контактами апаратів, обмотками реле, приладів і машин, резисторами та ін.).

Для упізнання ділянок користуються позначеннями, які можуть також відображати функціональне призначення кіл.

ДСТУ ГОСТ 2.702:2013 передбачає три способи позначення ділянок кіл:

- присвоєнням кожному з них окремого номера;
- використанням адрес приєднання;
- змішаного.

При **першому способі** ділянки кіл послідовно позначають від уведення джерела живлення до приймача, а розгалужені – зверху вниз і зліва направо.

При будь-якому способі ділянки кіл, розділені контактами апаратів, обмотками реле, приладів, машин, резисторами та іншими елементами, повинні

мати різні позначення. Ділянки кіл, що проходять через рознімні, розбірні та нерозбірні контактні з'єднання, повинні мати однакові позначення.

На схемах позначення проставляють біля кінців або у середині ділянок кіл (при вертикальному розташуванні – ліворуч від них, а при горизонтальному – над ними). При цьому використовують арабські цифри і прописні букви латинського алфавіту.

Кола позначають незалежно від нумерації виводів апаратів і приладів, присвоєної заводами-виробниками. Якщо необхідно, нумерацію, присвоєну заводами-виробниками, наносять на схемах біля відповідних елементів електричного кола, але з протилежної сторони, тобто праворуч при вертикальному розташуванні кіл і знизу при горизонтальному.

При **другому способі** – використанні адрес приєднань – на початку ділянки вказується адреса приєднання його кінця, а в кінці – адреса приєднання початку.

У якості адрес застосовують позиційні позначення елементів електричного кола. Адресні позначення ділянок кіл між резистором R1 і конденсатором С3 та між затиском Х11 пристрою А4 і затиском Х16 пристрою А7 показані на рисунку. 1.

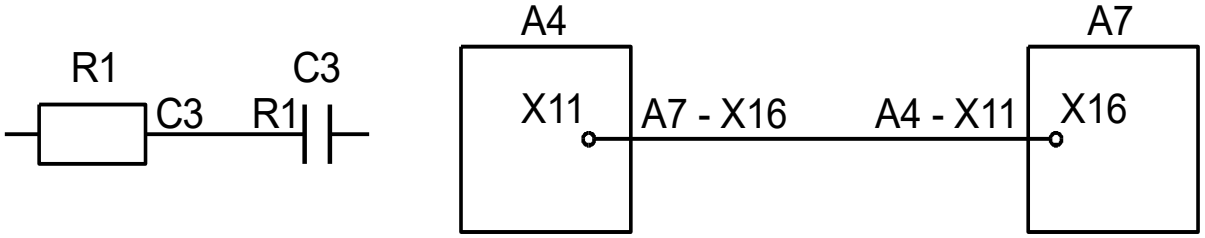


Рис. 1. Адресне позначення ділянок кіл

Третій спосіб – змішане позначення ділянок кіл – складається з адрес ділянок приєднань і чисел (рис. 2).

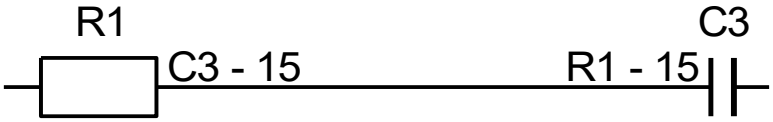


Рис. 2. Змішане позначення ділянок кіл

4. Схеми з'єднань і підключення

Схеми з'єднань і підключення необхідні для виконання монтажу електроустановок.

Оскільки ці схеми виконуються не в масштабі, по них не можна визначити розміри електричних пристроїв та їх частин. Тому для виготовлення комплектних електричних пристроїв у вигляді панелей, пультів, шаф та інших конструкцій, на яких розміщується відповідне електроустаткування, додатково необхідні загальні види цих пристроїв – креслення, які виконані в масштабі та визначають взаємне розташування обладнання і його основні розміри.

На схемах з'єднань електричних пристроїв обов'язково показують виводи апаратів і приладів, що входять до них, відображаючи їх розташування та нумерацію.

Для більшої наочності виводи кожного апарата або приладу укладають в загальну рамку. Крім того, якщо необхідно, дають внутрішню схему приладу чи апарата.

Для зображення окремих елементів (резисторів, конденсаторів, електричних ламп, проводів і ін.) на схемах з'єднань використовують позначення, приведені в стандартах ЄСКД.

Схеми з'єднань виконують різними способами, однак у всіх випадках на них повинні бути позначені всі контактні елементи, через які здійснюються електричні з'єднання (виводи апаратів і приладів, шини, затиски) та провідники, що відходять від них.

Сучасні електроустановки і пристрої відображаються складними схемами з великою кількістю електричних кіл і елементів, які входять до них.

Для ущільнення монтажу використовують джгути, що складаються з безлічі проводів, а також вільне прокладання проводів у лотках.

На схемах з'єднань джгути проводів і групи проводів у лотках показують однією лінією. У безпосередній близькості від контактних елементів кожен провід показують окремою лінією.

На схемах з'єднань складних комплектних електричних пристроїв з десятками апаратів і приладів, що відносяться в ряді випадків не до одного, а до декількох об'єктів, обов'язково показують перемички (провідники, що з'єднують виводи того самого апарата чи приладу і затиски одного ряду).

Провідники, що з'єднують апарати і прилади між собою та з рядами затисків, не показують, але наводять у кожного виводу і затиску адреси других кінців проводів, що відходять.

Для спрощення виконання та читання схем з'єднань поруч з позначенням кожного апарата або приладу проставляють його порядковий номер (у чисельнику) і позиційне позначення (у знаменнику). Номера апаратам і приладам привласнюють у визначеному порядку незалежно від їх виду і цифрової частини позиційного позначення, виходячи тільки з місця розташування (наприклад, зліва направо, переходячи від верхнього ряду донизу, якщо дивитися з боку монтажу).

Так, якщо на панелі знаходиться двадцять приладів по чотирьох у кожнім ряді, то лівому приладу верхнього ряду привласнюють перший номер, наступному в тім же ряді – другий, третій і четвертий, а лівому приладу в другому ряді – п'ятий і т.д. Таким чином, правому приладу в нижньому (п'ятому) ряду буде привласнений двадцятий номер.

Припустимо, що порядкові номери ватметра PW2 і сигнальної лампи HL3 відповідно третій і сьомий. Тоді поруч з їх позначеннями на схемі та на самих приладах повинні матися відповідно написи $\frac{03}{PW2}$ і $\frac{07}{HL3}$.

У випадку, якщо в одному електричному пристрої (наприклад, панелі керування) розміщене устаткування, що відноситься до декількох об'єктів

(ліній, трансформаторів, електродвигунів і ін.), перед порядковим номером кожного апарата або приладу в чисельнику проставляють порядковий номер, привласнений даному об'єкту. Варто мати на увазі, що порядкові номери апаратам і приладам привласнюються в межах кожного об'єкта, починаючи з першого.

Так, поруч з ватметрами PW2, що мають третій порядковий номер, але відносяться до другого і третього об'єктів, повинні бути відповідно проставлені позначення $\frac{0203}{PW2}$ і $\frac{0303}{PW2}$.

Провідники, що з'єднують апарати і прилади даного пристрою, маркірують, тобто на одному кінці кожного з них наносять адресне позначення, що вказує, куди підключений другий кінець. Маркірування проводів, що відходять від вивідних затисків і виводів апаратів або приладів, неоднакове. Кінець проводу, підключеного до затиску, у загальному випадку має два позначення: перше – порядковий номер об'єкта, до якого відноситься даний ряд вихідних затисків, і номер затиску; друге – адреса другого кінця проводу, тобто позиційне позначення апарата або приладу та номер його виводу, до якого підключений цей кінець.

Перше позначення дозволяє виключити помилки в підключенні проводів до затисків при монтажі та експлуатації, оскільки на кожному провіднику видно, від якого затиску якого ряду він був відключений. Крім того, спрощується друге позначення, оскільки в ньому немає необхідності вказувати номер об'єкта (він зазначений у першій позначці).

Так, провідник, що йде від п'ятого виводу ватметра PW2 другого об'єкта, на одному кінці, підключеному до третього затиску ряду затисків другого об'єкта, повинний мати маркірування 02x3 PW2–3. Перше позначення вказує номер ряду затисків (02) і номер затиску (3) у цьому ряді, а друге – адресу іншого кінця проводу (ватметр PW2, вивід 3). Те, що ватметр PW2 відноситься до другого об'єкта, видно з першого позначення.

При маркіруванні проводів, що з'єднують апарати і прилади між собою, вказують номер об'єкта, порядковий номер апарата або приладу та номер виводу. Так, провідник, що йде від другого виводу ватметра, що має сьомий порядковий номер і відноситься до другого об'єкта, підключений до першого виводу амперметра того ж об'єкта з третім порядковим номером, буде мати маркірування 0203–1 на одному кінці та 0207–2 на іншому.

У схемах з'єднань використовується основне маркірування, що відповідає рекомендаціям стандартів ЄСКД. Однак у схемах деяких електричних пристроїв застосовують маркірування, що використовується заводами-виготовлювачами (заводське маркірування). Проектні організації в кресленнях, що випускаються, нарівні з основним можуть приводити також заводське маркірування, вкладаючи його у дужки. Крім того, на схемах з'єднань можуть вказуватися типи апаратів і приладів, які використовуються.

Обов'язковою умовою є ідентичність маркірування даного електричного пристрою на всіх схемах (принциповій, з'єднань та підключення).

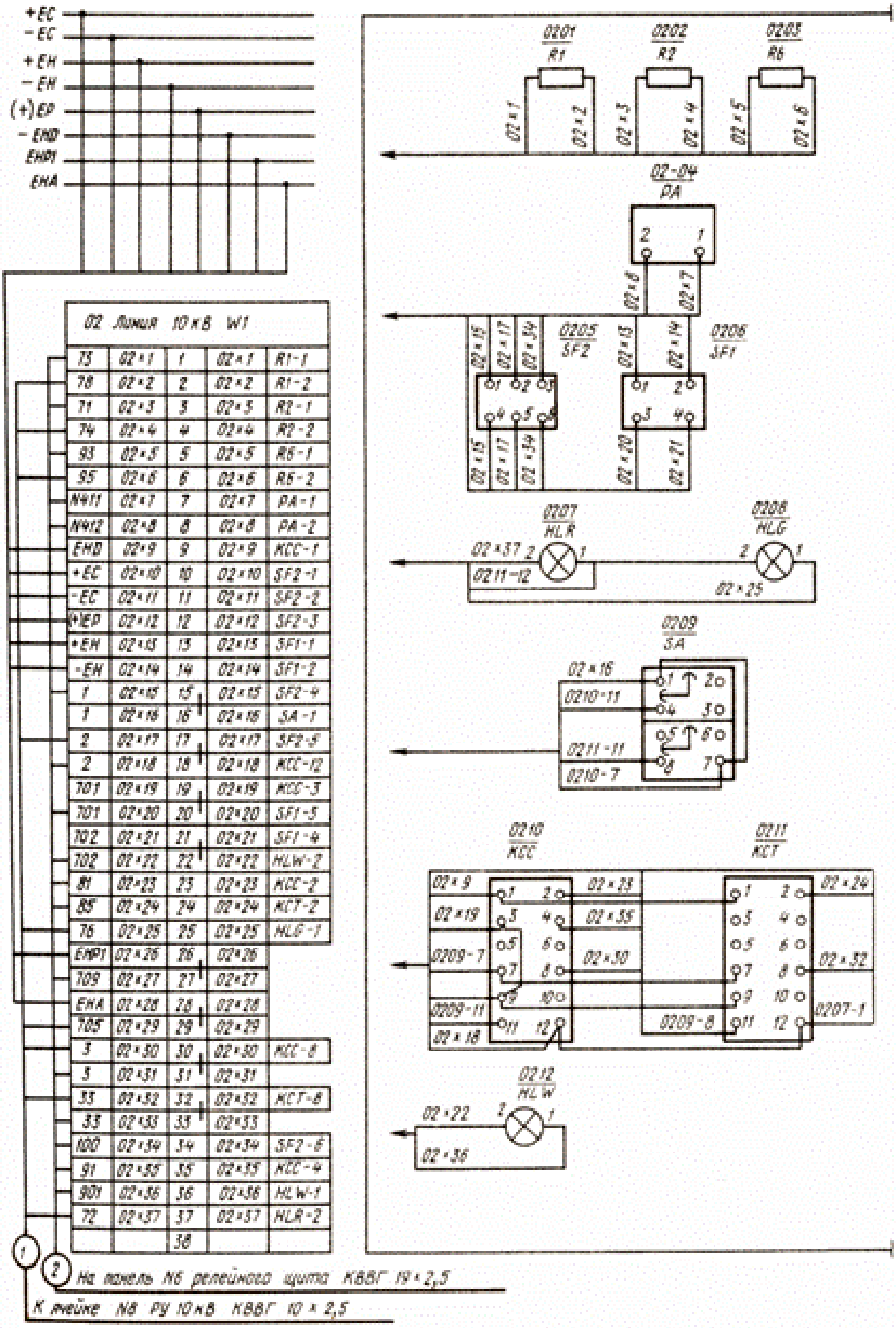


Рис. 3. Схема з'єднань панелі № 10 щита керування

Схема з'єднань панелі № 10 щита керування приведена на рисунку 3.

На ній розміщене устаткування, що відноситься до декількох об'єктів, але приведена схема з'єднань стосується тільки лінії W1 на 10 кВ – другої монтажної одиниці (02).

Схема виконана з урахуванням вимог, що висуваються до складних комплектних пристроїв: проводи всередині панелей не показані, застосоване адресне маркірування та ін.

На цій схемі показані резистори R1, R2 і R6, амперметр PA, автомати SF2 і SF1, сигнальні лампи HLR, HLG і HLW з червоною, зеленою та білою лінзами, перемикач SA, проміжні реле КСС команди увімкнення і КСТ команди вимкнення.

Оскільки апарати і прилади утопленого типу встановлюються на задній стороні панелі, на схемі виводи вкладені в рамки, виконані суцільною лінією. Якщо апарати будуть встановлені на лицьовій стороні панелі, а їх виводи пропущені на монтажну (задню) сторону, рамки виконуються пунктирною лінією, вказуючи що апарати з задньої сторони панелі не видні.

Всі апарати і прилади пронумеровані послідовним рядом чисел від 01 до 12 і в їх маркіруванні зазначена монтажна одиниця 02 та порядковий номер (у чисельнику), а також позиційне позначення (у знаменнику).

Так, амперметр, перемикач і сигнальні лампи відповідно мають маркірування

$$\frac{0204}{PA},\ \frac{0209}{SA},\ \frac{0207}{HLR},\ \frac{0208}{HLG}\ \text{і}\ \frac{0212}{HLW}$$

Виводи апаратів і приладів, а також затискачі ряду затискачів, що знаходяться на лівій бічній панелі, пронумеровані.

Над рядом затискачів показані шинки (оперативного струму та сигнальні).

На схемі повністю показані перемички апаратів: між виводами 1 і 7 перемикача SA; між виводом 1 лампи HLR і виводом 2 лампи HLG; між виводами 1, 7, 9, 12 реле КСС і КСТ; між затискачами 15 і 16, 17 і 18, 19 і 20, 21 і 22, 26 і 27, 28 і 29, 30 і 31, 32 і 33 ряду затискачів. Інші провідники даються не цілком, а тільки стрілками показано, що вони прокладені в коробі лівої бічної панелі.

Маркірування правої сторони ряду затискачів вказує адреси проводів, що відходять до обладнання, яке встановлене на панелі. Крім того, маються позначення, що вказують до яких затискачів підключені провідники. Зокрема, у першого затискача є маркірування проводу 02X1 R1–1. Перше позначення вказує, що провідник підключений до затискача 1 ряду затискачів, що відноситься до монтажної одиниці 02 (лінія W1 на 10 кВ), а друге – що інший кінець цього провідника підключений до першого виводу резистора R1.

Маркірування лівої сторони ряду затискачів указує зовнішнє підключення розглянутої панелі та, крім того, до яких затискачів підключені провідники.

Зокрема, у першого затискача ліворуч мається маркірування 73 02x1, що відноситься до жили контрольного кабелю № 2, що йде на панель № 6 релейного щита. Перше позначення є цифровим маркіруванням, прийнятим для позначення ділянок кіл сигнальних ламп, а друге – вказує, що жила кабелю підключена до затискача 1 ряду затискачів, що відноситься до монтажної одиниці 02.

Усі провідники від резисторів R1, R2 і R6 підходять до затискачів від першого до шостого свого ряду, що відноситься до другої монтажної одиниці. Тому проводи, підключені до виводів 1 і 2 резистора R1, промарковані 02x1 та 02x2, вказуючи що перший йде до першого затискача, а другий – до другого затискача ряду затискачів монтажної одиниці 02.

Аналогічно промарковані провідники, підключені до виводів резисторів R2 і R6.

Таким чином, маркірування провідників, що відходять від виводів будь-яких апаратів або приладів убік ряду затискачів, містить номер монтажної одиниці (у розглянутому випадку він 02), знак « **x** » і номер затискача, до якого йде провідник.

Провідник, що з'єднує вивід 4 перемикача SA (порядковий номер 9) з виводом 11 реле КСС (порядковий номер 10), має на одному кінці маркірування 0210–11, а на іншому 0209–4.

5. Закінчення

Нормальна робота будь-якої електроустановки і правильна взаємодія пристроїв, що входять до неї, можливі лише при підключенні їх у відповідності зі схемами підключення.

На схемах підключення в загальному випадку можуть бути показані тільки увідні та вивідні затискачі пристроїв, що підключаються, і зовнішні провідники, які приєднуються до цих затискачів, а також відповідне маркірування пристроїв, затискачів і провідників.

Навіть у найпростіших випадках, не маючи такої схеми, можна зустріти значні труднощі при підключенні електричного пристрою.

Якщо на принципову схему нанести затискачі рядів затискачів і виводи апаратів, а також указати на ній номера кабелів, нею при перевірці електричних кіл буде зручно користатися, не звертаючись до схем з'єднань.

Таку схему часто називають принципово-монтажною.

При монтажі та експлуатації електроустановок зазвичай використовують принципову схему, схеми з'єднань і підключення, а також таблицю з технічними даними всього електроустаткування, якщо ці дані не приведені в специфікації на схемах.

Необхідність читання декількох видів схем однієї електроустановки виникає, зокрема, при перевірці відповідності схем з'єднань і підключення принциповій схемі.

Порядок виконання роботи

Відповідно до методичних вказівок вивчити правила складання монтажних схем.

Використовуючи систему адрес приєднань, на підставі схеми розміщення апаратів і принципової схеми розробити монтажну схему елемента електроустановки.

Зміст звіту

Звіт повинний містити принципову і монтажну схеми заданого фрагмента.

Контрольні запитання

1. Дати визначення терміну електричне коло.
2. Навести призначення функціональної схеми електроустановки.
3. Навести призначення принципової схеми електроустановки.
4. Навести призначення схеми розташування електроустановки.
5. Навести призначення буквено-цифрових позначень на схемах електроустановок.
6. Яку інформацію несуть складені позначення на електричних схемах?
7. Як позначаються контакти елементів електричних схем?
8. Яким чином позначаються ділянки електричних кіл?
9. Як на монтажній схемі присвоюються номери апаратам, що монтуються?
10. Як маркіруються проводи, що відходять від затискачів апаратів або приладів?

Лабораторна робота 2 “ Визначення відстані до місця пошкодження кабельної лінії ”

Мета роботи: вивчити основні методи визначення місць ушкодження в електричних мережах.

В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

Знати які ушкодження можуть мати місце у кабельних лініях і, відповідно, якими методами пошуку слід користуватись.

Уміти визначати відстань до місця ушкодження кабельної лінії, використовуючи вимірник Щ4120.

Методичні вказівки

1. Види та характер пошкоджень елементів електричних мереж

Електричні мережі складаються з окремих елементів, пов'язаних між собою. З погляду визначення місця ушкодження до окремих елементів доцільно віднести ті частини електромережі, які можна виділити комутаційною апаратурою (вимикачами, роз'єднувачами, рубильниками, автоматами).

Сама ж комутаційна апаратура за територіальною ознакою входить до елементу “розподільний пристрій” (РП) чи “комплектний розподільний пристрій” (КРП).

У мережах напругою нижче 1000 В елементами є щити керування, на яких змонтовані рубильники, контакторні станції, автомати, магнітні пускачі і т.д.

У цих же мережах елементами є “уводи” – запобіжники з контактами у вигляді ножа, що дозволяють відокремлювати кабельну лінію, яка підводить до будинків чи споруд, від внутрішньої проводки.

Таким чином, до елементів мережі варто віднести повітряні та кабельні лінії (ПЛ та КЛ), трансформатори, РП, щити керування, уводи, а також електродвигуни і різні струмоприймачі (наприклад, світильники, електропечі).

В елементах електричної мережі можливе виникнення ушкоджень ізоляції та струмоведучих частин, що можуть бути як стійкими, так і нестійкими.

Останні можуть самоусуватися, залишатися нестійкими або за певних умов переходити в стійкі.

На ПЛ до нестійких ушкоджень ізоляції можуть приводити накиди різних предметів на проводи, перекриття гірлянди підвісних ізоляторів, зближення фазних проводів при їх вібрації (так званий танець проводів), наближення до проводів гілок дерев і чагарників.

У КЛ нестійкі ушкодження в більшості випадків виникають внаслідок специфічних властивостей паперово-масляної ізоляції.

При її пробої в розрядному проміжку створюються умови, що сприяють гасінню електричної дуги.

Аналогічні явища мають місце в маслонаповнених силових і вимірювальних трансформаторах.

При цьому необхідно підкреслити, що кількість нестійких ушкоджень значно перевершує кількість стійких. У кабельних мережах напругою 6...10 кВ всього 16 % загального числа зафіксованих замикань на землю приходиться на стійкі ушкодження, а кількість короткочасних (що самоусуваються) перевершує останні в 4...8 разів.

За багаторічними даними близько 90 % причин автоматичних відключень у кабельних мережах 6...10 кВ приходиться на ушкодження КЛ, і тільки 10 % – на ушкодження інших елементів цих мереж.

У переважній більшості повітряних мереж використовується автоматичне повторне включення (АПВ), у кабельних мережах воно застосовується рідко. При успішному АПВ лінія залишається в роботі. Причому, якщо до відключення ПЛ вдається визначити місце ушкодження, то своєчасне усунення дефекту дозволяє запобігти стійкому ушкодженню.

Таким чином, сполучення АПВ і визначення місця ушкодження є важливою профілактичною операцією, що підвищує надійність електропостачання. У залежності від конкретних умов і номінальної напруги ПЛ кількість успішних АПВ складає від 45 до 90 %.

У кабельних мережах сполучення сигналізації про короткочасні замикання на землю з визначенням місця ушкодження також може істотно скоротити число стійких ушкоджень.

За видами ушкодження розділяються на короткі замикання (КЗ) (у мережах з ізольованою чи компенсованою нейтраллю – “замикання на землю”) і обриви.

Замикання поділяються на однофазні та міжфазні (дво- і трифазні, як з “землею”, так і без “землі”).

Для мереж з ізольованою або компенсованою нейтраллю істотне значення мають також подвійні замикання на землю, тобто замикання двох фаз на землю в різних точках електрчно пов'язаної мережі.

Обриви проводів ПЛ чи жил КЛ у більшості випадків виявляються після відключення замикання на лінії. Однак зустрічаються випадки виникнення обривів і без КЗ.

Розподіл замикань по видах залежить від класу ізоляції та конструкції елементів мереж.

За статистичними даними однофазні замикання складають близько 65 %, двофазні та подвійні замикання на землю – 20 %, двофазні КЗ – 10 %, трифазні КЗ – 5 %. Отже, переважна більшість замикань пов'язана із землею.

Для визначення місця ушкодження КЛ важливе значення має статистичний розподіл ушкоджень по її елементах.

За статистикою із загальної кількості 13,5 % ушкоджень приходиться на з’єднувальні муфти, 16,5 % – на кінцеві муфти і закладення, 70% – безпосередньо на кабель. При цьому електричні пробої ізоляції складають 40 %, а механічні ушкодження – 60 %.

2. Структура системи пошуку місць пошкоджень

Різноманітність видів і характеру ушкоджень, а також структури та умов роботи електричних мереж не дозволяє одержати який-небудь універсальний метод визначення місця пошкодження.

Ще більш складно створити яку-небудь універсальну апаратуру.

Досить відзначити, що необхідно знаходити ушкодження як у надпотужних і наддалеких лініях електропередачі, так і у внутрішніх проводках до окремих струмоприймачів при відстанях у кілька метрів.

Для різного типу ліній, мереж і видів ушкодження до методів та пристроїв визначення місця ушкодження пред'являються різні вимоги, обумовлені техніко-економічними факторами. Задовольнити цим вимогам можна тільки за умови розгляду сукупності зазначених методів і пристроїв як системи визначення місця ушкодження.

Така система включає чотири послідовні операції. Структурна схема приведена на рисунку 1.

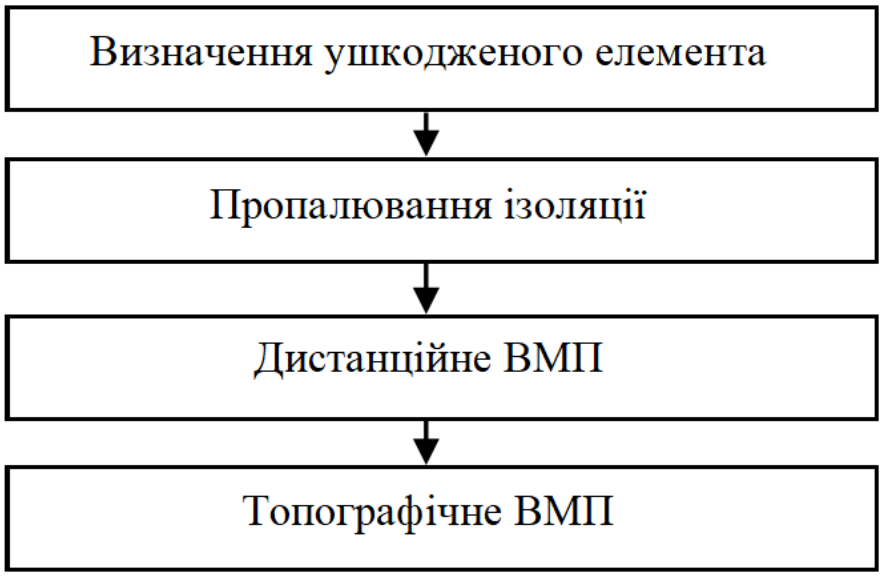


Рис. 1 Структурна схема системи ВМП в електричних мережах

Визначення ушкоджених елементів приходиться здійснювати не тільки при аваріях (раптових КЗ), але і при профілактичних іспитах. Це відноситься до іспитів, що одночасно охоплюють ланцюжки елементів чи навіть ділянки електричної мережі. Способи визначення ушкоджених елементів залежать від характеристик мереж і видів ушкоджень.

Ціль *пропалювання* – знизити перехідний опір. Власне кажучи це підготовча операція, що забезпечує можливість використання сукупності методів визначення місця ушкодження.

Багато методів застосовні тільки при значенні перехідного опору в місці ушкодження ізоляції не більш сотень і навіть одиниць Ома (в окремих випадках вимагаються десяті частки Ома).

При аварійних ушкодженнях КЛ перехідні опори залишаються неприпустимо великими для визначення місця ушкодження. Тому пропалювання ізоляції КЛ необхідно в переважній більшості випадків. Для цієї мети застосовуються спеціальні установки.

Найбільш швидко місце ушкодження визначається *дистанційно* виміром відстані до пошкодження від кінця або кінців лінії. Однак точність визначення дуже обмежена.

Причому для прокладеної в землі КЛ не можна досить точно вказати місце розкопки траси, яке відповідає вимірюваній відстані від кінця лінії через наступні фактори:

- відстані до характерних точок траси КЛ (поворотів, з'єднувальних муфт і т.п.) у виконавчій документації вказуються в планах, тобто в горизонтальній площині; у дійсності лінія змінює своє положення і по вертикалі, що в документації не відбито;
- кабель укладається в траншеї без натягу "змійкою"; ступінь подовження за рахунок такого непрямолінійного укладання врахувати скільки-небудь вірогідно неможливо.

Тому навіть при документації, що добре ведеться, не можна вказати на трасі точку, яка відповідає точній відстані від кінця КЛ, з похибкою менше 1...2% (наприклад, для КЛ довжиною 3000 м відповідна абсолютна похибка складе ± 30...60 м). Розкопка ділянки довжиною 60...120 м зовсім неприпустима, особливо в умовах удосконалених (асфальтобетонних) покриттів.

У сучасних великих містах абсолютна похибка для визначення місця ушкодження підземних КЛ не повинна перевищувати ± 3 м. Навіть для коротких ліній з урахуванням неідеальності самого дистанційного виміру задовольнити цій вимозі важко.

Таким чином, дистанційне визначення місця ушкодження дозволяє швидко указати фактично не місце пошкодження, а зону його розташування. Отже, для переважної більшості ліній необхідний ще один метод – топографічний (трасовий).

Топографічне – це визначення шуканого місця на трасі, тобто топографічної точки розташування місця ушкодження.

Але обмежитися використанням тільки топографічних методів, що забезпечують необхідну точність (у сучасних методів для КЛ вона не нижче ± 3 м), теж не можна, оскільки при цьому не задовольняються вимоги швидкості визначення місця пошкодження.

При використанні топографічних методів необхідно переміщатися зі спеціальною апаратурою по всій трасі КЛ. Знання ж зазначеної дистанційної зони ушкодження дозволяє обмежитися межами цієї зони, тобто різко скоротити час пошуку.

Положення про необхідність застосування не менш двох методів визначення місця ушкодження (дистанційного і топографічного) поширюється і на ПЛ оскільки лінійному персоналу (обхідникам) без топографічних засобів дуже важко знайти сліди пошкодження.

Навіть верхові огляди (з підйомом на опори) не завжди дозволяють знайти сліди перекриття підвісних чи штирових ізоляторів. Іноді, особливо при нестійких ушкодженнях, на трасі ПЛ взагалі не залишається слідів перекриття і протікання струмів КЗ.

Якщо є топографічні засоби, наприклад покажчики “ушкоджених” опор, то можна робити верховий огляд лише однієї опори (іноді ще двох сусідніх). Час пошуку різко скорочується.

Таким чином, кожне ушкодження треба визначати спочатку дистанційно (знайти зону), а потім топографічно (знайти місце). Виключення складають лише дуже короткі лінії чи проводки. Для них найчастіше достатній який-небудь один метод.

3. Класифікація методів визначення місця ушкодження

Система ВМП є обов'язковою ланкою в системі керування передачею і розподілом електроенергії.

Окремі методи визначення місця ушкодження являють собою сукупність складних операцій. Наприклад, методи, засновані на вимірі параметрів аварійного режиму, використовують інформацію від автоматизованої системи диспетчерсько-технологічного керування.

Таким чином, визначення місця ушкодження є повсякденною оперативною диспетчерською задачею для усіх видів електричних мереж.

На рисунку 2 представлена схема класифікації методів визначення місця ушкодження.

В основу класифікації покладений загальний поділ на дистанційні та топографічні, а також на високо- і низькочастотні методи. Останній поділ пов'язаний із принциповим розходженням електричних процесів в об'єктах виміру (проводах і кабелях) у частотних діапазонах, які істотно відрізняються.

3.1 *Індукційні* методи призначені для топографічного (трасового) визначення місця ушкодження кабельних і повітряних ліній.

Для КЛ, що прокладені у землі, індукційні методи дозволяють також уточнити трасу лінії, встановити глибину залягання кабелю і місця розташування з’єднувальних муфт.

Сутність індукційних методів полягає в індикації параметрів магнітного поля, яке створюється струмами, що протікають по проводах (жилах) і в землі вздовж траси лінії. Зміни параметрів магнітного поля поблизу місця ушкодження або в інших характерних точках траси уловлюються за допомогою спеціальних датчиків (індукційних рамок), підсилювачів і індикаторів при їх переміщенні вздовж траси лінії.

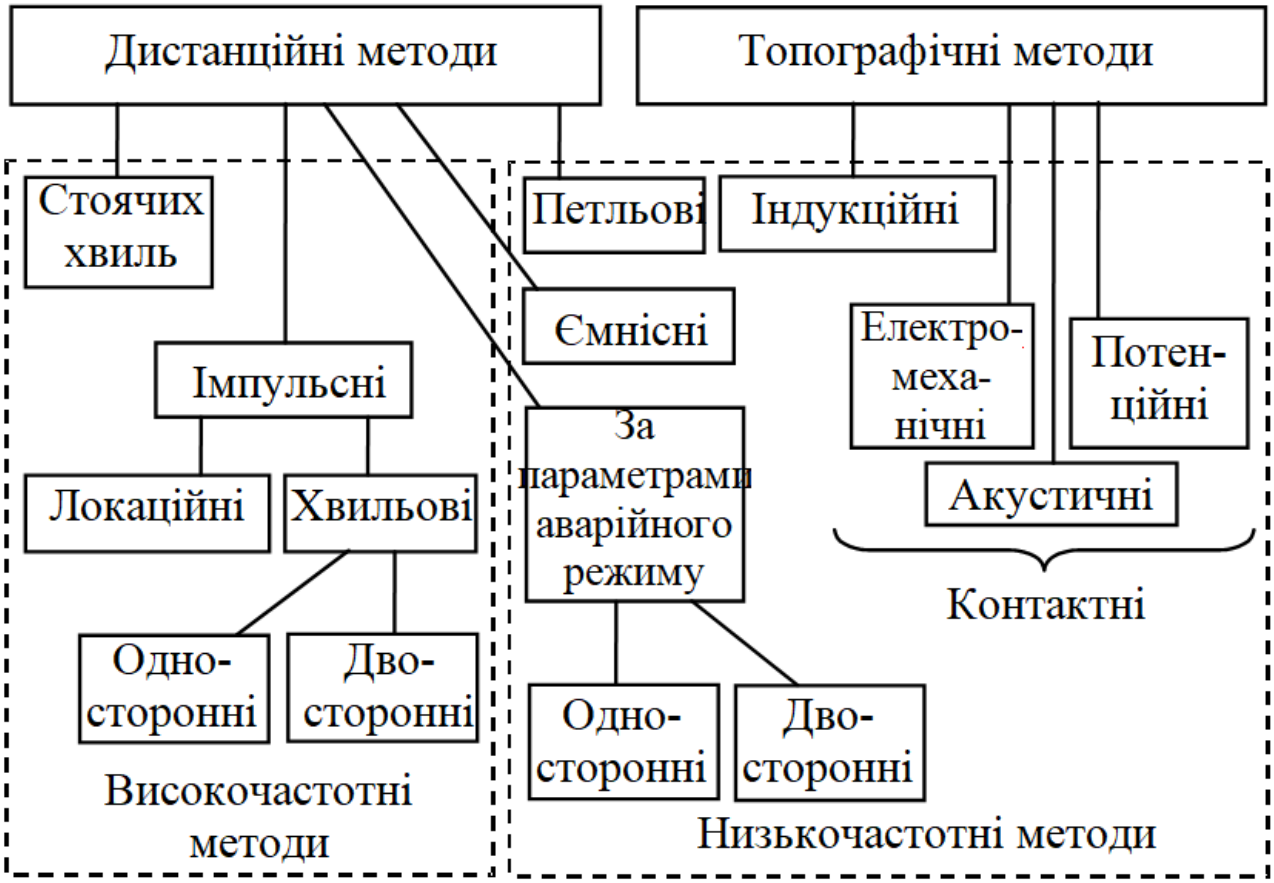
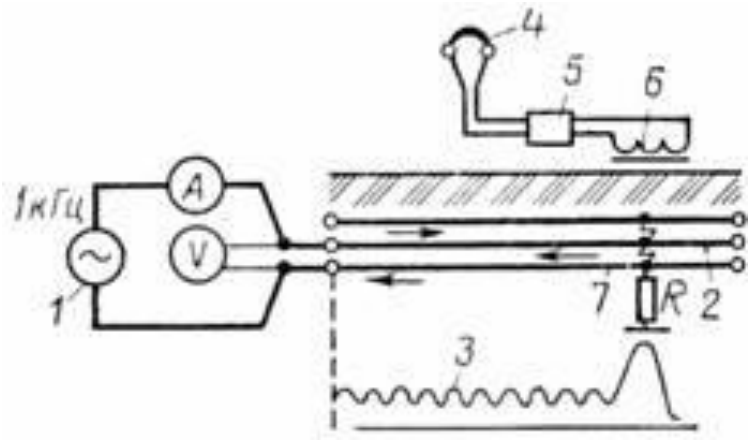


Рис. 2 Класифікація методів визначення місця ушкодження

Оператор з переносним прийомним пристроєм переміщається вздовж траси лінії по різних ознаках визначаючи, де він знаходиться (до чи після місця ушкодження). У ряді випадків маються ознаки, характерні для самого місця ушкодження (рис. 3).



1 – генератор звукової частоти;
2 – жили кабелю;
3 – крива чутності;
4 – телефонні навушники;
5 – підсилювач звуку;
6 – приймальна рамка;
7 – місце пошкодження з перехідним опором.

Рис. 3 Індукційний метод ВМП

До індукційних пристроїв відносять і фазочутливі (спрямовані) пристрої, що містять крім датчиків магнітного поля, ще й датчики електричного поля (наприклад, штирові антени).

Для КЛ напругою до 35 кВ визначення місця ушкодження відбувається за допомогою спеціального генератора підвищеної частоти після виділення та відключення пошкодженої ділянки.

Важливе значення для індукційного методу має обраний діапазон робочих частот. У всіх індукційних методах застосовується так званий звуковий (тональний) діапазон частот. Для ліній, включених у мережу, використовуються промислова частота 50 Гц та її непарні гармоніки аж до 13-ї. Для відключених КЛ використовується спеціальний генератор підвищеної частоти (0,4...12 кГц).

Практичне застосування індукційних методів ускладнюється дією індустріальних перешкод, найбільш висока інтенсивність яких спостерігається на території підстанцій, поблизу повітряних ЛЕП, контактної мережі і т.п.

Оскільки більшість ушкоджень в КЛ однофазні, для забезпечення можливості застосування індукційних методів ізоляцію лінії пропалюють високою напругою. При цьому однофазне замикання переходить у двох– або трифазне і одночасно знижується перехідний опір у місці пошкодження.

3.2 *Акустичні* методи відносяться до групи контактних.

Ці методи практично універсальні. Ними можна визначати ушкодження різного характеру:

- однофазні та міжфазні замикання з різними перехідними опорами;
- обриви однієї, двох або всіх жил;
- в окремих випадках можливе визначення декількох ушкоджень на одній КЛ;
- замикання однієї жили на оболонку.

Акустичний метод заснований на уловлюванні на трасі лінії акустичних (механічних) коливань, що виникають на поверхні ґрунту чи асфальтобетонного покриття при іскровому розряді в ізоляції кабелю. При цьому над місцем пошкодження звуки іскрових розрядів досягають максимальної гучності.

Оператор з акустичним датчиком і підсилювачем переміщається в зоні ±(15...40) м, виділеної дистанційним методом, та визначає місце максимального рівня прийому за індикатором або на слух з використанням телефону. Іскровий розряд у місці ушкодження ізоляції створюється за допомогою спеціальних високовольтних пристроїв, що підключаються на кінці КЛ.

Звукові коливання на поверхні землі також можуть бути прослухані стетоскопом (рис. 4), який забезпечує звукопровідний зв'язок між вухом оператора і поверхнею землі, виключаючи повітряний прошарок. Дерев'яний стержень стетоскопа добре проводить звукові коливання.

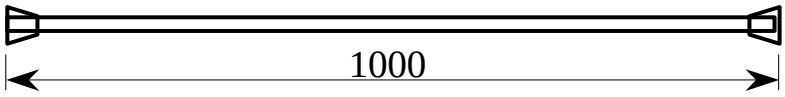
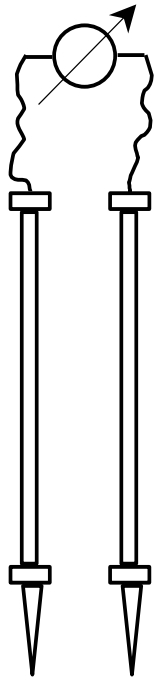


Рис. 4 Дерев'яний стетоскоп

Великий вплив на ефективність застосування акустичного методу мають властивості ґрунту. Глина, бетон, ґрунт, що змерзнув, забезпечують гарну провідність звуку, а пісок, торфовище, пухкий сніг – погану.

Крім того, метод досить складно застосовувати при значному рівні вуличних і промислових шумів.

3.3 Для *потенційних* методів характерне створення через місце ушкодження безпосереднього контакту пристроїв ВМП із колом протікання струму.



Контактні методи є допоміжними для кабелів з металевими захисними оболонками і основними для кабелів із пластмасовими захисними оболонками.

Потенційні методи засновані на фіксації вздовж траси електричних потенціалів, що створюються струмами, які протікають по оболонці КЛ і в землі.

Використовуються постійний струм і перемінний струм підвищеної частоти (звукового діапазону).

Оператор переміщується по трасі з двома контактними стержнями, приєднаними до гальванометра (рис. 5) або пластинами. У першому випадку здійснюється безпосередній вимір різниці потенціалів, у другому – через ємність пластин.

Пластини використовуються при асфальтобетонних покриттях на трасі.

Переносний пристрій включає підсилювач і індикатор. Струм в пошкоджену жилу подається з кінця КЛ. У місці ушкодження напрямок відхилення гальванометра змінюється.

Рис. 5

Через складність картини розтікання струму в землі надійні результати виходять лише при здійсненні контакту стержнів безпосередньо з металевою оболонкою розкритого кабелю, що вимагає розкопок і є істотним недоліком методу.

3.4 *Електромеханічні* методи засновані на фіксації механічних зусиль, створюваних за рахунок енергії струму короткого замикання. Можуть використовуватися електродинамічні зусилля між струмом у струмоведучих частинах і струмом, що наводиться у розташованому поблизу датчику, а також електромагнітні сили, прикладені до якоря з магнітного матеріалу.

Електромеханічні пристрої (покажчики) встановлюються стаціонарно в розподільних пристроях і на опорах ПЛ. Протікання струму КЗ через контрольований об'єкт сигналізується за допомогою блінкера.

Відновлення вихідного стану покажчика (зведення блінкера) у ряді конструкцій здійснюється автоматично при увімкненні ПЛ під напругу.

3.5 З низькочастотних дистанційних методів ВМП найбільш важливе значення мають методи, засновані на вимірі *параметрів аварійного режиму*.

Параметри аварійного режиму – це такої складові або комбінації струмів і напруг промислової частоти в аварійному режимі, по яких можна обчислити відстань до місця коротко замикання на ПЛ.

Ці параметри фіксуються, тобто виміряються і запам'ятовуються безпосередньо в період протікання струмів КЗ в електроенергетичній системі, елементом якої є ушкоджена лінія. Вимір зазначених параметрів здійснюється до автоматичного відключення ПЛ високовольтним вимикачем.

Розглядувані методи підрозділяються на односторонні та двосторонні в залежності від розташування вимірювальних засобів по сторонах (кінцях) лінії.

Найбільше поширення отримали двосторонні методи, що дозволяють виключити вплив перехідного опору в місці КЗ на результат розрахунку шуканої відстані.

Односторонні методи дозволяють безпосередньо вимірювати відстань до місця КЗ. Однак у цьому випадку істотний вплив на результати виміру чинить перехідний опір, особливо при найбільш розповсюдженому виді ушкодження – однофазному замиканні.

3.6 *Ємнісний* метод можливо застосовувати при обривах жив кабелю. Відстань до місця обриву визначається за значенням обмірюваної ємності жил ділянки КЛ, зіставляючи ємності обірваної з ємністю неушкодженої жили кабелю.

Значення опору ізоляції в місці пошкодження не менш 300 Ом дозволяє робити вимір за допомогою мостів перемінного струму (рис. 6) зазвичай на частоті 1000 Гц.

При менших опорах точність виміру знижується нижче припустимого значення. Величина ємності на мосту відповідає ємності обірваної жили кабелю при відсутності звуку в телефоні.

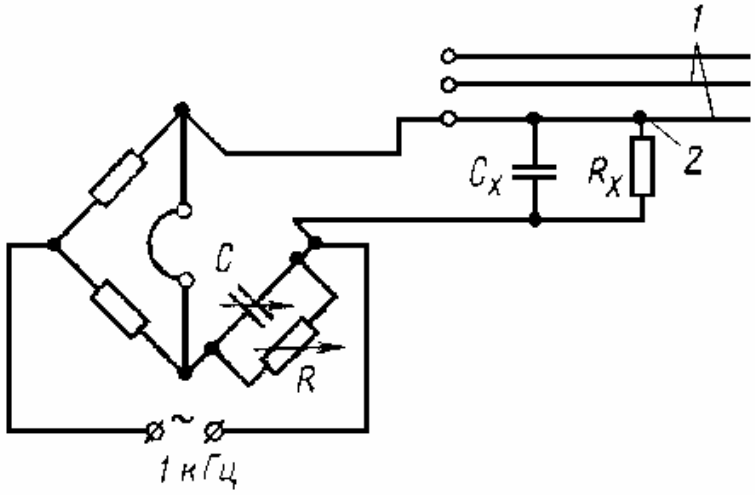


Рис. 6 Визначення місця ушкодження ємнісним методом:
1 – фази випробуваної лінії; 2 – місце обриву; C_X – ємність фази з обривом; R_X – перехідний опір у місці обриву; C, R – регульовані ємність та опір.

Вимір ємності на постійному струмі може бути застосований лише при такому обриві жил кабелю, коли перехідний опір у місці обриву перевищує 20 МОм.

Усі жили кабелю, окрім вимірюваної, заземлюють для того, щоб зменшити вплив їх ємності на результати виміру. Як нуль-індикатор використовується телефон.

З вітчизняних серійних пристроїв найбільш придатним для виміру ємності є універсальний кабельний міст Р334.

Ємнісний метод за точністю та зручністю вимірів значно уступає імпульсному і повинен застосовуватися лише при відсутності імпульсних приладів.

3.7 *Петльовий* метод визначення відстані до місця ушкодження використовується в тих випадках, коли жила, замкнена в місці пошкодження на оболонку, не має обриву і, крім того, у кабелі є одна “здорова” жила.

Метод заснований на вимірі опору постійному струму відрізків жил кабелю.

Чотири опори *A, B, C* і *D* (рис. 7) утворюють замкнутий чотирикутник, в одну діагональ якого включений гальванометр, а в іншу – джерело живлення ЕРС (зазвичай батарея гальванічних елементів). Якщо при включеній батареї стрілка гальванометра не буде відхилятися (нульове положення), то повинне виконуватися наступне співвідношення: $A / C = B / D$.

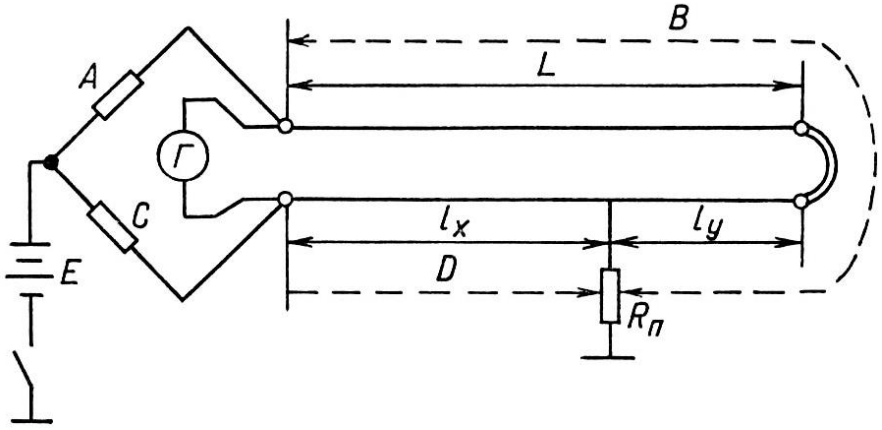


Рис. 7 Схема визначення місця ушкодження методом петлі

Для здійснення схеми петльового виміру необхідно на одному кінці кабельної лінії з'єднати ушкоджену і неушкоджену жили перемичкою (перерізом не менше перерізу жил кабелю), забезпечивши контакт із малим опором. Зазвичай перемичка виготовляється з гнучкого багатожильного мідного троса із надійними затисками з латуні.

На іншому кінці кабелю до цих же жил приєднується вимірювальний міст зі стрілочним гальванометром і батареєю. Опори *A* и *C* підбираються на вимірювальному мосту, а *B* и *D* являють собою опір жил кабелю. При цьому опір петлі $B + D$ завжди дорівнює подвоєному опору жили кабелю *R*, тобто $B + D = 2R$.

Оскільки при тому самому перерізі жили її опір пропорційний довжині, то можна записати співвідношення

$$l_x = 2LC / (A + C),$$

яке дозволяє після встановлення рівноваги моста і фіксації значень A і C обчислити шукану відстань l_x.

Через те, що опір жил кабелю малий в порівнянні з опорами A і C, то з'єднувальні проводи від кабелю до моста також впливають на результат вимірів.

Напруга батареї для живлення моста залежить від перехідного опору в місці ушкодження.

Встановлення рівноваги моста виконують поступовим підбором вимірювальних плечей A та C. Після установки рівноваги моста і підрахунку значення l_x необхідно поміняти місцями кінці проводів, що йдуть від жил кабелю до моста, і провести новий вимір. Якщо новій рівновазі моста будуть відповідати опори його плечей A_1 і C_1, то в результаті цього виміру можна отримати величину

$$L + l_y = 2LC_1 / (A_1 + C_1),$$

де l_y – відстань від місця ушкодження до кінця кабелю, на якому встановлена закоротка.

На підставі двох вимірів можна зробити перевірку, з огляду на те, що $l_x + L + l_y = 2L$. Якщо обидва результати в сумі не складають подвійної довжини кабелю і значно відрізняються від неї, то це означає, що плечі моста підібрані недостатньо точно і виміри варто повторити, перевіривши всі контакти в схемі.

Похибка при визначенні місця ушкодження методом петлі складається з похибки самого виміру і похибки, пов'язаної з неточним знанням траси, довжини лінії та перерізу її ділянок.

Область доцільного використання петльового методу дуже обмежена. Його доводиться використовувати при відсутності імпульсних приладів, або при розташуванні місця ушкодження у воді, коли перехідний опір не вдається зменшити пропалюванням нижче декількох кОм.

Серійно промисловістю випускаються мости УМВ і МО-6 постійного струму, та універсальні кабельні мости Р333 і Р334.

3.8 Метод *стоячих хвиль* заснований на вимірі вхідного повного опору ушкодженої лінії в широкому діапазоні частот.

До начала пошкодженої лінії приєднують генератор змінної частоти і вольтметр. В міру зміни частоти вхідний опір періодично міняється, внаслідок чого змінюються показання вольтметра.

Шукана відстань визначається за інтервалом між сусідніми резонансними частотами, що відповідають мінімальним або максимальним показанням вольтметра.

Метод стоячих хвиль за всіма показниками поступається імпульсним методам і в нашій країні ніколи не використовувався.

3.9 *Локаційний метод* заснований на вимірі часу між моментом посилання в лінію зондувального електричного імпульсу і моментом приходу до початку лінії імпульсу, відбитого від місця ушкодження.

Траса поширення імпульсів в ушкодженій лінії і тимчасових співвідношеннях показані на рис. 8.

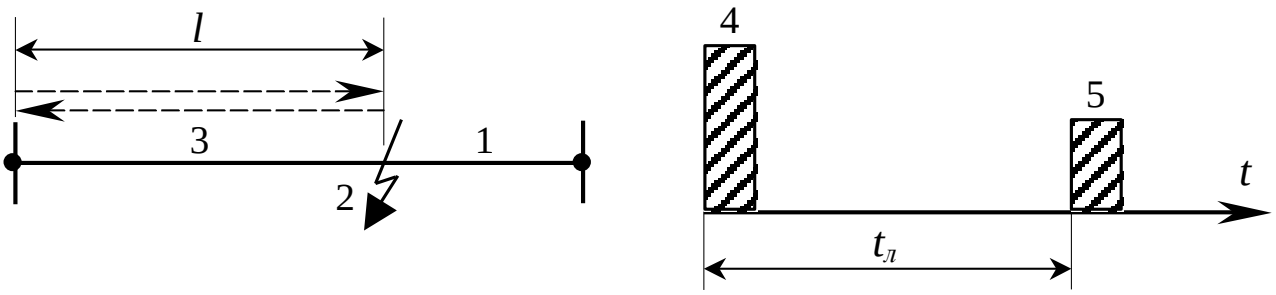


Рис. 8 Схема і часові співвідношення при локаційному методі:
1 – лінія, що тестується; 2 – місце ушкодження; 3 – траса поширення імпульсів;
4 – зондувальний імпульс; 5 – відбитий імпульс

Надіславши в лінію імпульс, вимірюють інтервал $t_л$ – час пробігу цього імпульсу до місця ушкодження і назад. Шукана відстань до місця ушкодження визначається

$$l = v\, t_л / 2 ,$$

де v – швидкість поширення імпульсу в лінії.

Полярність відбитого сигналу показує характер зміни хвильового опору в місці відбиття. При обриві або проходженні сигналу до кінця лінії хвильовий опір збільшується і “викид” відбитого сигналу відбувається нагору. “Викид” вниз означає наявність КЗ чи замикання жили на оболонку (хвильовий опір зменшується).

Локаційні виміри підрозділяються на автоматичні і неавтоматичні. Перші використовуються для ПЛ, що знаходяться під робочою напругою. При спрацьовуванні релейного захисту запускається автоматичний локаційний шукач, який за час, менший однієї десятої частки секунди, фіксує шукану відстань.

Неавтоматична локація використовується в основному на КЛ.

3.10 *Хвильові* неавтоматичні шукачі були розроблені для визначення місця пробою високовольтних кабельних ліній, що “запливає”. Принцип дії цих шукачів заснований на методі “коливального розряду”.

Якщо заряджати ємність будь-якої жили силового кабелю від джерела випрямленої напруги негативної полярності, то в момент пробою в обидва боки від місця ушкодження поширюються хвилі позитивної полярності.

Від розімкнутого кінця КЛ вони відіб'ються зі збереженням полярності, а знову дійшовши до місця пробою, відіб'ються зі зміною полярності. Таким чином, по обидві сторони від місця ушкодження відбувається коливальний розряд.

За рахунок активних втрат коливання загасають і період коливань поступово подовжується. Тому виміряється тільки перший напівперіод коливань, а шукана відстань визначається

$$l = T v / 2 ,$$

де T – час половини періоду коливань, мкс; v – швидкість поширення електромагнітної хвилі в кабельній лінії, м/мкс.

4. Вимірник відстані до місця ушкодження кабелю Щ 4120

Вимірник відстані до місця ушкодження кабелю Щ4120 призначений для визначення відстані до місця запливаючого пробою ізоляції в силових електричних високовольтних кабелях з паперовою просоченою ізоляцією типу СБ, АСБ, ААБ, ОСБ на номінальну напругу 6...38 кВ (при іспитовій напрузі 15...50 кВ).

4.1 Технічні дані

1. Прилад вимірює відстань до місця ушкодження кабелю в межах від 40 до 40000 м.

2. Максимальне значення напруги, що подається на приєднувальний пристрій, не повинне перевищувати 50 кВ.

3. Для виключення помилкових вимірів прилад має пристрій затримки імпульсу перешкоди. Діапазони регулювання затримки наведені в таблиці.

Діапазони регулювання затримки, м	Показання приладу в положенні ручки “ЗАТРИМКА ПЛАВНО”, м	
	Мінімальне, не більше	Максимальне, не менше
0	0	0
60…250	60	270
250…1500	230	1580
1500…7500	1420	7880
7500…40000	7120	42000

4. Основна похибка приладу не перевищує ± 30 м.

5. Сумарна похибка виміру відстані до місця ушкодження кабелю не більш значення вирахуваного за формулою:

$$\Delta = \pm (30 + 0{,}025\ L_x)\ ,$$

де 30 – основна похибка приладу, м; L_x – вимірювана відстань до місця ушкодження, м.

6. Додаткова похибка складає не більш ±15 м. Її викликають відхилення напруги, температури і вологості.

7. Час прогріву приладу 30 хв.

8. Прилад зберігає свої технічні характеристики протягом 8 годин безупинної роботи, включаючи час прогріву.

9. Значення напрацювання на відмову не менш 3000 год.

10. Прилад призначений для експлуатації в умовах навколишньої температури від –10 до +40 °С і відносної вологості до 90% при температурі 25°С.

11. Живлення приладу здійснюється від мережі змінного струму частоти 50 Гц ± 0,5 Гц напругою 220 В.

12. Потужність, споживана приладом при номінальній напрузі мережі, не перевищує 25 ВА.

13. Габаритні розміри вимірника, не більш 375 х 180 х 340 мм.

14. Маса, не більш 8,5 кг.

4.2 Будова і робота складових частин

Визначення відстані до місця пробою в кабелі виконується методом коливального розряду, в основу якого покладений вимір часу напівперіоду коливального електромагнітного процесу, що виник при пробої ізоляції зарядженого кабелю.

Для виміру відстані до місця ушкодження прилад підключають у відповідності зі схемою на рис. 9.

За допомогою ВВУ плавно піднімають напругу заряду. Для виключення впливу внутрішнього опору високовольтної установки на коливальний процес у коло включається резистор, опір якого вибирається значно вище хвильового опору кабельної лінії (0,5...10 кОм).

При наявності дефекту в ізоляції кабельної лінії відбувається пробій в місці пошкодження. Коротке замикання в зарядженому кабелі породжує електромагнітні хвилі, які поширюються від місця пробою до початку і кінця кабельної лінії.

Електромагнітна хвиля, що поширюється, схильна до загасання. Найбільшому загасанню піддаються її високочастотні складові, тобто з часом пробігу відбувається усе більше “округлення” фронту хвилі і зменшення амплітуди.

Приєднувальний пристрій та вхідні кола приладу диференціюють напругу коливального процесу і на вхід приладу надходять керуючі імпульси.

Імпульс з позитивною полярністю запускає вимірювальний прилад, а з негативною – зупиняє.

За цей час хвиля напруги проходить відстань від початку кабельної лінії до місця пробою і назад – від місця пробою до початку, тобто дві вимірювані довжини.

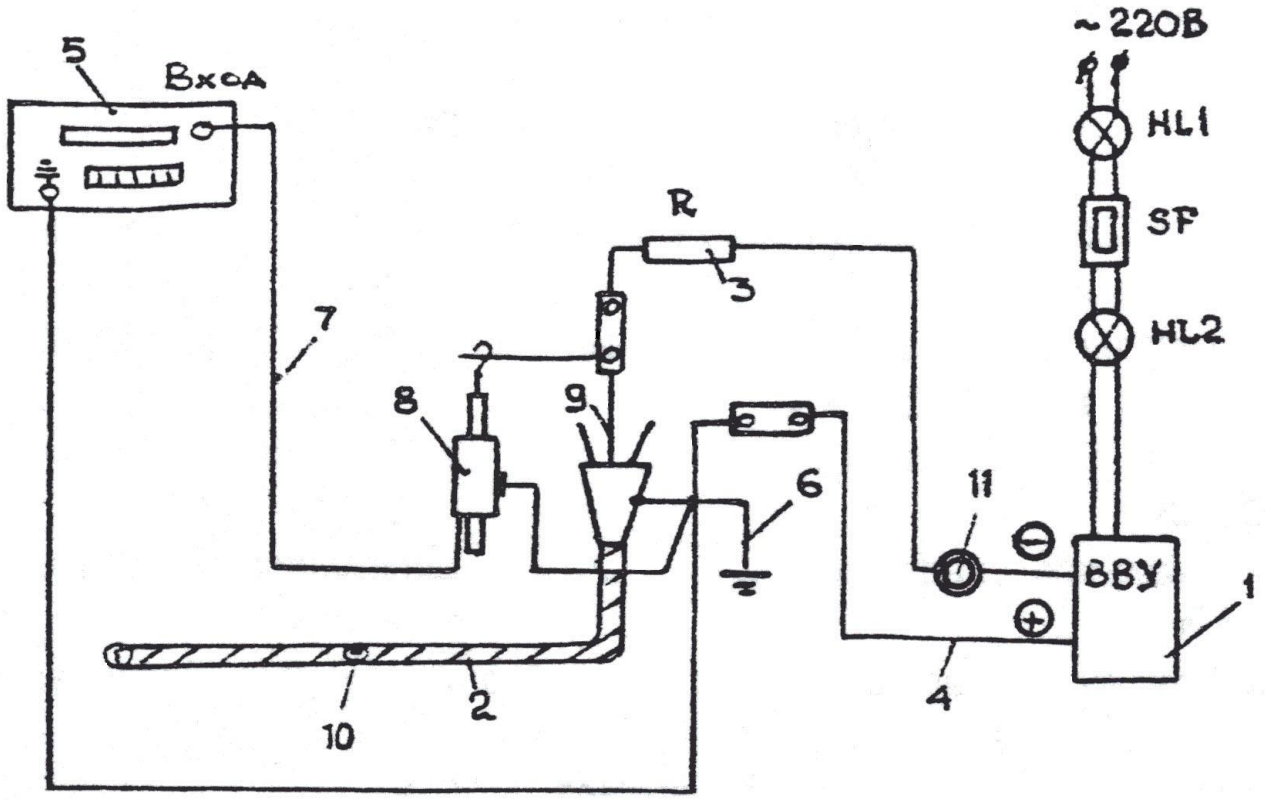


Рис. 9 Схема виміру відстані до місця ушкодження:
1 – високовольтна випрямна установка; 2 – кабель; 3 – зарядний опір;
4 – коло заземлення ВВУ; 5 – вимірник Щ4120; 6 – контур заземлення;
7 – з’єднувальний кабель; 8 – приєднувальний пристрій;
9 – пошкоджена жила; 10 – місце ушкодження; 11 – кнопка

У кабельних лініях наявні значні неоднорідності хвильового опору по довжині лінії, викликані з'єднанням кабелів різних типів і перерізів, а також деякими видами з’єднувальних муфт. Такі неоднорідності накладають на коливальний процес у кабелі додаткові відбиття електромагнітних хвиль.

Відбиття від місця неоднорідності створює імпульси перешкоди, які можуть зупинити процес виміру і тим самим викликати помилкові показання. Останні можуть бути виключені шляхом зменшення чутливості приладу і введення імпульсів затримки.

На рис. 10 наведена структурна схема приладу, що включає в себе наступні основні вузли та блоки:

– приєднувальний пристрій, призначений для приєднання приладу до кабелю, що знаходиться під час вимірів під високою іспитовою напругою;

– перетворювач, призначений для формування імпульсу затримки та строб імпульсу, і для перевірки вірогідності виміру;

– генератор, призначений для формування прямокутних імпульсів частотою 8 МГц;

– селектор, призначений для пропущення на вхід лічильника визначеної кількості імпульсів за час дії строб імпульсу;

– мережний фільтр, призначений для усунення перешкод, які можуть наводитися по колах живлення.

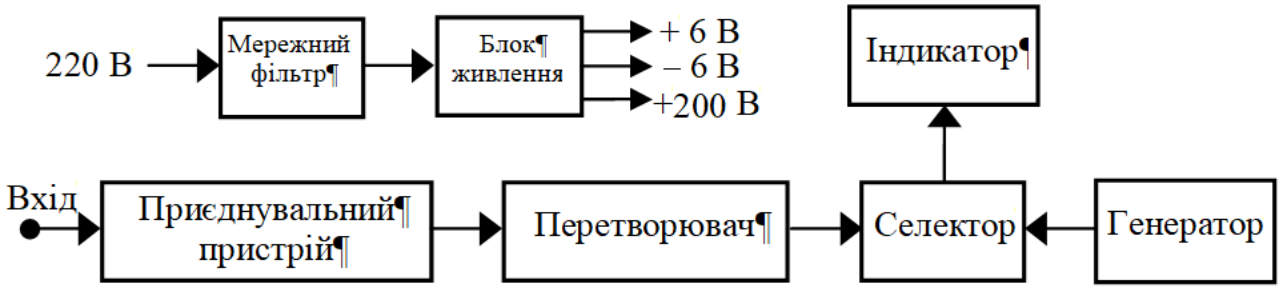


Рис. 10 Структурна схема вимірника Щ4120

Вимірюваний сигнал диференціюється за допомогою вхідного опору приладу і приєднувального пристрою. Отримані імпульси надходять на перетворювач і формують строб імпульс. Його тривалість дорівнює тривалості вимірюваного сигналу.

Далі з перетворювача строб імпульс надходить на селектор. За час, рівний тривалості стробу, визначена кількість імпульсів частотою 8 МГц з генератора надходить на вхід лічильника (індикатор).

На цифровому табло приладу індикується результат виміру відстані до місця ушкодження кабелю в метрах.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему у відповідності до рис. 9.

2. Приєднувальний пристрій необхідно встановити по можливості ближче до затискачів кабелю (довжина проводу не більш 3 м).

3. Підключити прилад до мережі (натиснути кнопку “МЕРЕЖА”) і прогріти його протягом 30 хв.

4. Перевірити працездатність приладу шляхом виміру встановленої величини затримки:

– установити перемикач “РОБОТА” – “КОНТРОЛЬ” у положення “КОНТРОЛЬ”;

– установити ручку “ЗАТРИМКА ПЛАВНО” у крайнє праве положення;

– установити перемикач “ЗАТРИМКА М” у положення 60-250;

– натиснути кнопку “СКИДАННЯ”, при цьому повинна світитися лампа “ГОТОВИЙ” і висвічуватися нулі на цифровому табло індикатора;

– натиснути кнопку “ПУСК ЗАТРИМКИ”, при цьому на цифровому табло з'явиться результат виміру затримки не менш 250 м, лампа “ГОТОВИЙ” повинна згаснути.

5. Підготувати прилад до проведення вимірів. Для цього зробити наступні операції:

– установити перемикач “РОБОТА” – “КОНТРОЛЬ” у положення “РОБОТА”;

– установити перемикач “ЗАТРИМКА М” у положення “0”;

– установити ручку “ПОСИЛЕННЯ” у крайнє ліве положення (виключене);

– установити ручку “ЗАТРИМКА ПЛАВНО” у крайнє ліве положення;

– натиснути кнопку “СКИДАННЯ”, при цьому повинна засвітитись лампа “ГОТОВИЙ”, на цифровому табло повинні висвічуватися нулі. Прилад готовий до роботи.

6. Виконати вимір відстані до місця ушкодження:

– включити автомат SF (рис. 9), при цьому загоряється лампа HL2;

– натиснувши і відпустивши кнопку 11 зробити підйом напруги на кабельній лінії до напруги пробою, що на стенді імітується пробоєм іскрового проміжку свічки запалювання;

– при пробої ізоляції в кабелі прилад виконує вимір і самоблокується, при цьому гасне лампа “ГОТОВИЙ”, цифрове табло показує результат виміру;

– натиснути кнопку “СКИДАННЯ”;

– повторюючи пробої в кабелі, зробити кілька вимірів для більш достовірних результатів, при цьому обертати ручку “ПОСИЛЕННЯ” вправо доти, поки на цифровому табло буде йти безупинний рахунок; останнє показання приладу запам'ятати;

– вивести ручку “ПОСИЛЕННЯ” ліворуч (виключити);

– за методикою, викладеної в п. 4 установити затримку на 40...60 м менше результату виміру;

– установити перемикач “РОБОТА” – “КОНТРОЛЬ” у положення “РОБОТА”;

– натиснути кнопку “СКИДАННЯ”;

– при вимірі на цифровому табло повинен з'явитися результат на 20...30 м менше запам’ятованого;

– за методикою, викладеної в п. 4. установити затримку на 5...7% більше останнього результату виміру;

– установити перемикач “РОБОТА” – “КОНТРОЛЬ” у положення “РОБОТА”;

– натиснути кнопку “СКИДАННЯ”;

– якщо при вимірі на цифровому табло йде переповнений рахунок значить попередній результат виміру відстані від початку кабельної лінії до

місця ушкодження є достовірним.

7. Відключити живлення стенда і прилад, розібрати схему.

8. Розрахувати сумарну похибку виміру.

Зміст звіту

Звіт повинний містити:

– перелік основних методів визначення місця ушкодження;
– структурну схему вимірника Щ4120;
– результати виміру відстані та сумарну похибку.

Контрольні запитання

1. Які пошкодження можуть виникати на лініях електропередачі?
2. Які етапи включає система пошуку місця пошкодження?
3. Охарактеризувати топографічні методи пошуку місця пошкодження.
4. Охарактеризувати індукційні методи пошуку місця пошкодження.
5. Охарактеризувати акустичні методи пошуку місця пошкодження.
6. Охарактеризувати потенційні методи пошуку місця пошкодження.
7. Охарактеризувати петльовий метод пошуку місця пошкодження.
8. Охарактеризувати локаційний метод пошуку місця пошкодження.
9. Охарактеризувати метод коливального розряду.
10. Охарактеризувати функціональну будову вимірника Щ 4120.

Лабораторна робота 3 “ Захист оболонок силових кабелів від корозії ”

Мета роботи: вивчити основні методи захисту металевих оболонок силових кабелів від корозії.

В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

Знати – призначення, основні типи і характеристики комплектних пристроїв, які використовуються на кабельних лініях електропередач для захисту металевих оболонок.

Уміти – розрахувати катодний захист для оболонки силового кабелю.

Методичні вказівки

1. Загальні відомості

У зв'язку із зростанням енергоозброєності промислових підприємств і значним збільшенням споживання електричної енергії населенням країни, з кожним роком збільшується протяжність кабельних розподільних електричних мереж.

Металеві оболонки та броня кабелів, прокладених в землі, а в деяких випадках і в каналах, піддаються корозійному руйнуванню під впливом навколишнього середовища та блукаючих струмів.

Порушення герметичності оболонок призводить до електричного пробою кабелів і позначається на нормальному електропостачанні споживачів.

У зв'язку з цим потрібно проведення комплексу заходів для запобігання цих ушкоджень.

Вартість відновлення кабелів, пошкоджених корозією, зазвичай значно перевищує витрати на ремонт кабелів, що вийшли з ладу з інших причин.

Це пояснюється тим, що пробій через корозію зазвичай відбувається тоді, коли оболонка кабелю вже укрита виразками на значній довжині, тому для ліквідації наслідків корозійних пошкоджень зазвичай потрібно більше нового кабелю, аніж після механічних і інших пошкоджень.

Існують два основних види захисту від корозії:

- активний – електрохімічний, заснований на підведенні до металевих оболонок кабелів негативного потенціалу щодо землі;
- пасивний – здійснюється шляхом надійної ізоляції металевих оболонок.

У зв'язку з тим, що виконання активного захисту пов'язане з деякими труднощами, перевагу може мати пасивний захист.

Однак до теперішнього часу не розроблені досить стійкі покриття, які могли б надійно протягом тривалого часу оберігати кабель від корозії.

Крім того, навіть у разі розробки досить стійких покривів завжди можливе порушення їх цілісності в процесі експлуатації.

У цих випадках необхідне застосування активного захисту. Доцільно також для відповідальних кабелів подавати захисний потенціал і при доброму стані покривів на випадок їх пошкодження.

2. Види корозії

Корозією (від латинського corrosio – роз'їдання) називається поступове руйнування металів внаслідок їх хімічної або електрохімічної взаємодії з корозійним середовищем.

Розрізняють велику кількість різних видів корозії, котрі визначаються в залежності від різноманітних факторів впливу, а також від характеру спричинених нею руйнувань металу.

Всі існуючі види корозії групуються за двома основними типами, що залежать від природи впливу оточуючого метал середовища.

1. *Хімічна корозія* – взаємодія металу з корозійним середовищем, при якому окислення металу і відновлення окисного компонента корозійного середовища протікають в одному акті.

Хімічна корозія має місце при дії на метал рідких неелектролітів (нафтопродуктів, спиртів та ін.) і деяких інших речовин.

До цього типу корозії відноситься також *газова корозія*, що виникає при дії на метал гарячих газів.

2. *Електрохімічна корозія* – взаємодія металу з корозійним середовищем (розчином електроліту), при якому іонізація атомів металу і відновлення окисного компонента корозійного середовища протікають не в одному акті, а їх швидкість залежить від електродного потенціалу.

При електрохімічній корозії відбуваються два паралельних процеси: окислювальний (розчинення металів) і відновний (виділення водню, іонізація кисню, виділення металу з розчину).

Така корозія супроводжується протіканням електричного струму.

У свою чергу, електрохімічна корозія має чотири основні різновиди: корозія зовнішнім струмом, контактна корозія, атмосферна корозія і ґрунтова корозія.

Корозія зовнішнім струмом відбувається при протіканні через метал і електроліт електричного струму від стороннього джерела.

При корозії зовнішнім струмом протікають процеси, аналогічні електролізу. Зокрема, зовнішніми струмами можуть бути блукаючі струми різного походження.

Основним джерелом блукаючих струмів в землі є електрифіковані залізниці і трамваї, для яких зворотнім проводом служать рейкові шляхи,

При протіканні струму по рейках уздовж них має місце падіння напруги, і рейки отримують деякий потенціал відносно землі.

На ділянках рейок з позитивним потенціалом відносно землі струм буде відгалужуватися в землю, а на ділянках з негативним потенціалом – повертатися в рейки.

Блукаючі струми, що протікають у ґрунті , зустрічаючи на своєму шляху металеві підземні споруди, проникають у них і течуть по них на деякій відстані, створюючи анодні та катодні зони.

В анодних зонах, що знаходяться найчастіше поблизу точок відсмоктування від рейок, струм стікає з підземної споруди, викликаючи її інтенсивне руйнування.

При русі електровозу по залізничній лінії катодна зона переміщується. Якщо на лінії кілька електровозів, то підземна конструкція може мати знакозмінні зони.

Контактна корозія викликається стиканням металів, які мають різні стаціонарні потенціали в даному електроліті.

Атмосферна корозія відбувається при дії на метал повітря або будь-якого газу, що містить вологу. При наявності вологи на поверхні металу виникають гальванічні пари, які призводять до корозії.

Ґрунтова корозія – корозія металу безпосередньо в ґрунтах. Цей вид корозії викликають блукаючі струми, хімічний вплив середовища, дія мікроорганізмів, різні електролітичні процеси, що відбуваються в ґрунті.

Ґрунт являє собою капілярно-пористу систему, заповнену повітрям і водою та має іонну провідність. Електрохімічні властивості ґрунту, як корозійного електроліту, змінюються у дуже широких межах залежно від складу, вологості, структури і ступеня ущільнення.

Оскільки в ґрунті відсутнє механічне перемішування, то обмежений рух іонів може відбуватися тільки за рахунок переміщення газової та рідкої фази.

Активність ґрунту залежить від багатьох факторів:

- вологості;
- значення pH;
- питомого електричного опору;
- повітропроникності;
- та т. ін.

Корозію викликають гальванічні мікро- і макропари, що виникають на металі в місцях його стикання з корозійним середовищем, яке відіграє роль електроліту. В елементах, що утворюються, анодами і катодами виступають окремі частини підземної споруди.

Мікропари мають місцевий характер і пов'язані зі структурною неоднорідністю металу і ґрунту. Руйнування, які наносяться мікропарами, мають, як правило, більш-менш рівномірний характер.

Макропари обумовлені різною кисневою проникністю або

неоднорідністю окремих ділянок ґрунту на трасі підземної споруди. Вони можуть також виникнути при контакті між різнорідними металами, наприклад, при частковій прокладці оголених освинцьованих кабелів в залізних трубах. Дія макропар посилюється зі зменшенням електричного опору ґрунту.

На корозійну активність ґрунту істотно впливає її вологість. Агресивність ґрунту підвищується зі збільшенням вологості до критичної, а потім починає спадати. Це пояснюється тим, що при малій вологості електричний опір ґрунту великий, а при великій вологості зменшується доступ кисню, необхідного для процесу катодної деполяризації.

За характером спричинених руйнувань корозія може бути рівномірною або нерівномірною.

Рівномірна або *суцільна* корозія діє на всю поверхню металу, але порівняно на невелику глибину. Найчастіше вона поширена в атмосферних умовах.

Нерівномірна корозія поділяється в основному на:

- місцеву у вигляді плям, виразок, точок;
- міжкристалітну, що поширюється по гранях кристалів металу;
- вибіркову, при якій руйнується один з компонентів сплаву.

При суцільний корозії кількість зруйнованого металу може бути більшою, ніж при нерівномірній корозії, але зазвичай остання більш небезпечна, оскільки місцеві наскрізні пошкодження призводять до швидкого виходу з ладу кабелю.

3 Методи захисту від корозії

Залежно від умов і можливостей в практиці захисту від корозії використовуються методи, які можуть бути розбиті на дві групи:

1. Методи пасивного захисту, що включають різні пристрої і заходи, призначені для ізоляції підземних споруд від безпосереднього контакту з ґрунтом і збільшення перехідного опору між ґрунтом та підземною спорудою, а також зменшення величини блукаючих струмів.

2. Методи активного захисту, які в основному зводяться до створення такого електричного режиму підземної споруди, при якому корозія повністю припиняється.

До методів **пасивного** захисту відносяться заходи по зменшенню блукаючих струмів:

- поліпшення провідності рейкового шляху за допомогою зварювання стиків;
- устрою поперечних, міжколійних і міжрейкових з'єднань;
- устрою обхідних з'єднань на стрілках і хрестовинах.

З'єднувачі повинні бути також влаштовані між усіма нитками шляху в пунктах приєднання відсмоктувальних кабелів і місцях зрушення вагонів.

Зменшення падіння напруги в рейковій мережі також сприяє зменшенню величини блукаючих струмів і досягається збільшенням кількості тягових підстанцій та відсмоктувальних пунктів.

Мережа зворотних струмів електричного рейкового транспорту, що представляє собою сукупність рейкових шляхів і відсмоктувальних кабелів, повинна прокладатися згідно з обсягом та розподілом тягового навантаження і розрахунками, що дозволяють визначити як розміщення відсмоктувальних пунктів на рейковому шляху, так і переріз окремих кабелів.

Збільшення перехідного опору між рейками і ґрунтом може бути досягнуто шляхом застосування під рейками основи з високим перехідним опором щебеневого баласту і відведення води з поверхні колії та основи.

Відсмоктувальні кабелі повинні мати добру ізоляцію, а мінусові шини тягових підстанцій не повинні бути безпосередньо заземлені.

Виконання всіх зазначених вище заходів на мережі зворотних струмів електричного рейкового транспорту сприяє значному зниженню блукаючих струмів у ґрунті та створює сприятливі умови для захисту всіх споруд від корозії.

До заходів, спрямованих на зменшення блукаючих струмів, що потрапляють на підземні споруди, належать:

- віддалення підземних споруд від джерел блукаючих струмів;
- зменшення поздовжньої провідності споруд шляхом встановлення ізолюючих фланців;
- збільшення перехідного опору підземної споруди.

Збільшення перехідного опору між підземними спорудами і землею є методом захисту від блукаючих струмів та від ґрунтової корозії.

Основним способом збільшення перехідного опору споруди є нанесення на його поверхню спеціальних ізолюючих покриттів.

До методів **активного** захисту відносяться катодний, протекторний, та електродренажний.

Для захисту від ґрунтової корозії застосовують катодний і протекторний, а для захисту від блукаючих струмів в першу чергу – електродренажний захист.

У великих містах питома вага дренажних установок незначна і для захисту від блукаючих струмів успішно застосовують катодний захист.

В основі електрохімічного захисту лежить катодна поляризація оболонки кабелю до потенціалів, що забезпечують припинення роботи корозійних елементів, тобто до величини захисного потенціалу

3.1. Ізолюючі покриття

Ефективність покриттів цього типу залежить від того, наскільки добре вони пов'язані з поверхнею.

Іншою важливою характеристикою покриттів, що захищають метал тільки за допомогою його ізоляції від агресивного середовища, є їх суцільність, а отже, і стійкість до механічних впливів.

Всі ізолюючі покриття, які використовуються в даний час, за своїм складом можуть бути віднесені до неорганічних або органічних.

Обидва типи застосовуються переважно для захисту від атмосферної або ґрунтової корозії.

Нанесення на метал **органічного** ізолюючого покриття – найбільш традиційний, а за масштабом застосування найбільш широко використовуваний метод захисту від корозії.

До цього типу належать лакофарбові та пластмасові покриття, а також покриття на основі кам'яновугільних пеків і бітумів (бітумно-мінеральні, бітумно-полімерні, бітумно-гумові).

Як правило, лакофарбові покриття не використовуються для захисту підземних споруд, а застосовуються для захисту від атмосферної корозії.

У цьому випадку більш надійним і ефективним є захист за допомогою товстих покриттів з кам'яновугільного пеку та бітумів в поєднанні з катодним захистом.

В останні роки в промислово розвинених країнах широке застосування знаходять поліетиленові або епоксидні покриття.

Найбільш представницький клас **неорганічних** покриттів – склоподібні емалі, які одержують нагріванням поверхні, що захищається з нанесеним на неї шаром склоподібного шлаку до температури вплавлення скла в метал.

Такі покриття використовуються переважно для захисту сталі та чавуну від агресивного впливу атмосфери і деяких інших середовищ.

3.2 Захисні потенціали

Електрохімічний захист кабелів від корозії здійснюється шляхом катодної поляризації їх металевих оболонок, а в деяких випадках і броні, тобто накладанням на останні негативного потенціалу.

Залежно від способу електричного захисту катодна поляризація досягається приєднанням до оболонок кабелів катодної станції, дренажного або протекторного захисту.

При виборі способу захисту враховується основний фактор, що викликає корозію в даних конкретних умовах.

Негативні потенціали, що накладаються, повинні відповідати оптимальним значенням, необхідним для захисту даного металу.

Оптимальні захисні потенціали знаходяться в інтервалі між мінімальними і максимальними значеннями (табл. 1 і 2), регламентованими стандартом.

Таблиця 1. Значення мінімальних захисних потенціалів

Метал	Значення мінімальних захисних потенціалів, В по відношенню до електродів, які не поляризуються		Середа
	водневому	мідносульфатному	
Сталь	– 0,55	– 0,85	будь-яка
Свинець	– 0,20	– 0,50	кисла
Свинець	– 0,42	– 0,72	лужна
Алюміній	– 0,55	– 0,85	будь-яка

Таблиця 2. Значення максимальних захисних потенціалів

Метал	Захисні покриви	Значення максимальних захисних потенціалів, В, по відношенню до електродів, які не поляризуються		Середа
		водневому	мідносульфатному	
Сталь	З захисним покривом	– 0,80	– 1,10	будь-яка
Свинець	З захисним покривом та без нього	– 0,80	– 1,10	кисла
Свинець	З захисним покривом та без нього	– 1,00	– 1,3	лужна
Алюміній	З частково пошкодженим покривом	– 1,08	– 1,38	будь-яка

Мінімальний захисний потенціал забезпечує захист металу від електрохімічної корозії. Потенціал не менше цього значення має підтримуватися в кінці ділянки, що захищається.

Перевищення максимального (за абсолютним значенням) захисного потенціалу може призвести до катодної корозії оболонок кабелю і викликати корозійне руйнування сусідніх підземних споруд.

Алюмінієві оболонки кабелів значно більше схильні до корозійних руйнувань, ніж свинцеві. Алюмінієві оболонки руйнуються як в анодних, так і в катодних зонах. Перезахист алюмінію навіть на 0,1 В призводить до інтенсивної корозії. Найбільш доцільним засобом захисту алюмінієвих оболонок є надійні захисні покриви.

3.3 Катодний захист силових кабелів

Руйнування відбувається в анодних зонах, в яких струм виходить з металу в ґрунт. Анодні зони утворюються при ґрунтовій корозії, тобто під дією гальванічних пар або при виході блукаючих струмів з підземної споруди.

Якщо ж на всій поверхні металевої споруди створити негативний потенціал по відношенню до ґрунту, то руйнування металу припиниться. На цьому принципі заснований катодний захист металевих оболонок силових кабелів.

Такий захист є найбільш потужним і використовується для ліквідації протяжних анодних зон на кабелі. Він придатний для боротьби, як з ґрунтовою корозією, так і з корозією від блукаючих струмів.

Катодна поляризація здійснюється постійним струмом, що протікає з ґрунту в кабель під дією прикладеної різниці потенціалів кабель-земля.

Джерелом постійного струму є катодна станція. У схему станції катодного захисту крім джерела входить анодне заземлення та дренажні кабелі. Негативна клема приєднується до оболонки, що захищається, а позитивна до заземлення.

Принципова схема катодного захисту приведена на рис. 1.

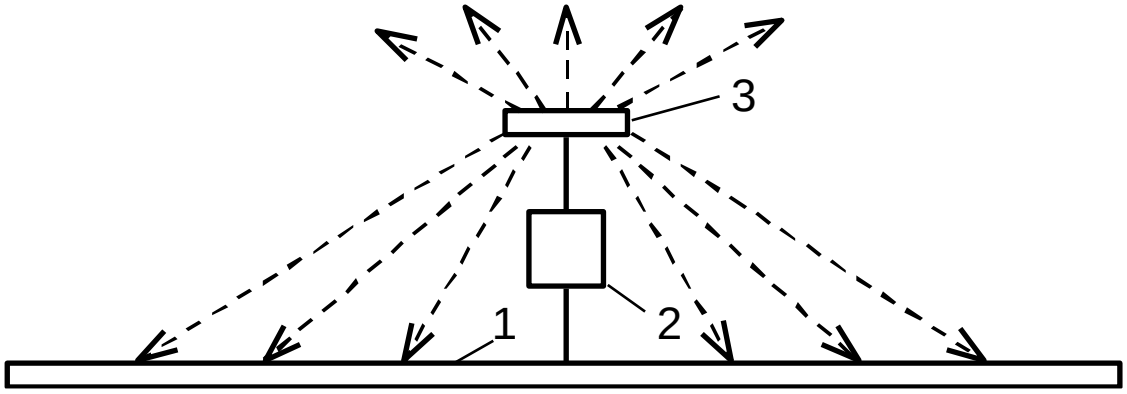


Рис. 1 Принципова схема катодного захисту:
1 – кабель; 2 – катодна станція; 3 – анодне заземлення

Струм від позитивного полюса катодної станції через анодне заземлення переходить в ґрунт. З ґрунту через дефектні місця в покриві струм проникає в оболонку кабелю і далі через дренажний кабель до негативного полюса катодної станції. В результаті роботи катодної станції відбувається руйнування анодного заземлення, однак кабельна лінія захищається.

Протяжність ділянки кабелю, на якій струм входить в оболонку, створюючи на ній захисний потенціал (захисна зона), залежить від стану захисного покриття кабелю, тобто від його перехідного опору, зі збільшенням якого захисна зона збільшується. Протяжність захисної зони залежить також від питомого опору ґрунту та відстані між кабелем і анодним заземленням.

Захист кабелів від корозії являє собою складний процес, який залежить від багатьох факторів і не завжди дає позитивні результати.

Найбільш доцільною була б схема захисту, коли при приведенні оболонки і броні кабелю в катодний стан не порушувалася б вимога ПУЕ про необхідність з'єднання оболонки та броні кабелю між собою і заземлення їх по обидва боки кабелю. Однак при такій схемі захисту при встановленні її в розподільних пристроях потрібно значно збільшена потужність катодної станції і витрата електроенергії збільшується майже у 10 разів порівняно із захистом тільки оболонки кабелю, що найбільш доцільно.

Застосовують схеми захисту свинцевих оболонок кабелів напругою вище 1 кВ, відокремлених з обох сторін від броні і контурів заземлення, або приєднаних через роздільні пристрої до контурів заземлення. Найбільш надійна конструкція роздільного пристрою складається з двох діодів, включених згідно схеми, наведеної на рис. 2.

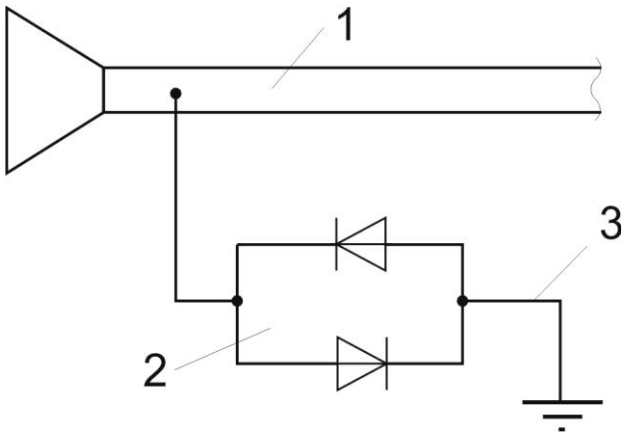


Рис. 2 Схема підключення оболонки кабелю:
1 – кабель; 2 – роздільний пристрій; 3 – контур заземлення

Такий роздільний пристрій має малий опір для струмів короткого замикання і володіє більшим опором постійному струму захисту. Відокремлення заземлення кабелів для забезпечення роботи катодного захисту в мережах напругою до 1 кВ **неприпустиме!!!**

Для відповідальних кабелів, що проходять в агресивних середовищах, рекомендується підключення катодних станцій в точках, віддалених від кінців кабелів.

Складнощі, що виникають з катодним захистом кабелів, призвели до того, що ПУЕ рекомендують застосовувати катодну поляризацію тільки в крайньому випадку, коли неможливо обійти агресивні по корозії зони, не можна зменшити блукаючі струми і немає можливості застосовувати кабелі з підвищеною стійкістю до корозії.

Для захисту від корозії підземних споруд на об'єктах житлово-цивільного та комунального будівництва рекомендується використовувати такі катодні станції, що випускаються серійно.

Перетворювачі серії ПСК призначені для перетворення однофазного змінного струму частотою 50 Гц в плавно регульований струм катодного захисту.

Таблиця 3. Технічні характеристики перетворювачів ПСК

Параметри	Тип перетворювача ПСК				
	0,6-48/24 У1	1,2-48/24 У1	2,0-96/48 У1	3,0-96/48 У1	5,0-96/48 У1
Напруга мережі, В	220				
Номінальна потужність,кВт	0,6	1,2	2,0	3,0	5,0
Номінальна випрямлена напруга, В	48/24	48/24	96/48	96/48	96/48
Номінальний випрямлений струм, А	12/25	25/50	21/42	31/62	52/104

Перетворювачі серії ПАСК призначені для катодного захисту підземних споруд шляхом автоматичної підтримки захисного потенціалу на заданому рівні в зонах нестійких і знакозмінних потенціалів.

В якості регульованого сигналу в перетворювачах серії ПАСК використовується різниця потенціалів між об'єктом, що захищається і землею. Для вимірювання різниці потенціалів застосовується мідносульфітний електрод тривалої дії типу МЭД-АКХ.

Таблиця 4. Технічні характеристики перетворювачів ПАСК

Параметри	Тип перетворювача			
	ПАСК-1,2	ПАСК-2,0	ПАСК-3,0	ПАСК-5,0
Напруга мережі, В	220			
Номінальна потужність, кВт	1,2	2,0	3,0	5,0
Номінальна випрямлена напруга, В	48/24	96/48	96/48	96/48
Номінальний випрямлений струм , А	25/50	21/42	31/62	52/104

Катодні мережеві станції типу КСС призначені для захисту від ґрунтової корозії підземних трубопроводів та інших підземних металевих споруд.

Таблиця 5. Технічні характеристики катодних станцій

Параметри	Тип катодної станції КСС					
	300-12/24	600-12/24	1200-12/24	300-24/48	600-24/48	1200-24/48
Споживана потужність, ВА	515	990	1980	515	990	1980
Номінальна потужність, Вт	300	600	1200	300	600	1200
Номінальна випрямлена напруга, В	3,5-12/ 9-24	3,5-12/ 9-24	3,5-12/ 9-24	6-24/ 22-48	6-24/ 22-48	6-24/ 22-48
Номінальний випрямлений струм, А	25/12,5	50/25	100/50	12,5/6,25	25/12,5	50/25

Автоматичні регулятори струму захисту АРТЗ використовуються для захисту магістральних газонафтопроводів і інших металевих споруд від ґрунтової корозії в районах із сезонними змінами опору ґрунту та нестабільною напругою мережі живлення.

АРТЗ є однофазний двонапівперіодний регульований випрямляч, зібраний на тиристорах за схемою з середньою точкою.

Таблиця 6. Технічні характеристики АРТЗ

Параметри	Тип автоматичного регулятора струму				
	АРТЗ-0,6	АРТЗ-1,2	АРТЗ-2,0	АРТЗ-3,0	АРТЗ-5,0
Напруга мережі, В	220				
Номінальна потужність, кВт	0,6	1,2	2,0	3,0	5,0
Номінальна вихідна напруга, В	48/24	48/24	96/48	96/48	96/48
Номінальний вихідний струм , А	12,5/25	25/50	21/42	31/62	52/104

Економічна ефективність катодного захисту в значній мірі залежить від анодного заземлення, яке є найбільш капіталомістким елементом.

Анодне заземлення повинно мати:

- розрахунковий опір розтікання струму;
- тривалий термін служби;
- простоту конструкції і установки;
- мінімальні розміри майданчика для розміщення;
- низьку ціну.

Матеріали анодних заземлень, що використовуються в даний час, умовно діляться на дві групи: розчинні (сталь і чавун) і малорозчинні (ферросілід і графіт).

Для збільшення терміну їх роботи анодні заземлення розміщують у коксовій засипці (особливо сталеві).

Швидкість розчинення окремих заземлювачів q складає від 10 для сталевих без засипки до 0,1 кг/(А·рік).

Залежно від глибини закладання заземлення буває поверхневе та глибинне.

Поверхневе анодне заземлення буває горизонтальне, вертикальне та комбіноване.

Горизонтальне виконується з електродів, які закладаються на глибину 1...2 м в один або два ряди. Відрізняється легкістю монтажу та доступністю для огляду. Проте, таке заземлення зазвичай працює нестабільно, оскільки знаходиться в шарах ґрунту, схильних до значних сезонних коливань вологості і температури, а також потребує для розміщення великої площі.

Вертикальне заземлення виконується у вигляді декількох вертикальних електродів, розташованих в ряд або по замкнутому контуру на відстані не менше довжини електрода.

Комбіноване заземлення складається як з вертикальних, так і горизонтальних електродів.

У міських умовах найбільш оптимальним є **глибинне** заземлення. Його конструкції бувають досить різноманітні. Переважно в бурову свердловину глибиною 20...100 м опускаються окремі електроди з малорозчинного матеріалу з окремими струмовідводами.

Основними перевагами глибинних заземлювачів є:

- можливість отримання низькоомного анодного заземлення, завдяки розміщенню електродів в шарах ґрунту з мінімальним значенням опору розтікання;
- зменшення шкідливого впливу катодного захисту на суміжні споруди;
- незалежність опору розтікання від сезонних коливань вологості та температури ґрунту;
- зменшення площі, необхідної для розміщення анодного заземлення та збільшення зони захисту.

3.4 Протекторний захист силових кабелів

Протекторний захист (або захист гальванічними анодами) свинцевих і алюмінієвих оболонок силових кабелів є різновидом катодного захисту.

Захист протекторами не потребує зовнішнього джерела струму та є за певних умов ефективним, простим і надійним в експлуатації.

Джерелом поляризаційного струму при протекторному захисті є гальванічний елемент, утворений металом оболонки кабелю (катод) і металом протектора (анод).

Очевидно, що протектор повинен мати більш негативний нормальний потенціал, ніж оболонка.

Зовнішнім колом зазначеного гальванічного елемента є ізольований провідник, за допомогою якого протектор приєднано до оболонки, а внутрішнім колом – розчин електроліту ґрунту.

У електроліті внаслідок руху іонів відбувається руйнування протектора, що призводить до зменшення або припинення процесу корозії оболонки, оскільки на ній утворюється негативний потенціал.

При мінімальній захисній різниці потенціалів «оболонка-земля» корозія оболонки практично припиняється.

Протектори можуть захищати оболонку кабелю від ґрунтової корозії.

У низці випадків протекторний захист слід застосовувати і для захисту від корозії, що спричиняється блукаючими струмами в анодних і знакозмінних зонах, якщо блукаючі струми можуть бути компенсовані струмом протектора та при цьому забезпечений необхідний захисний потенціал.

Для захисту від блукаючих струмів застосовуються поляризовані протектори, які представляють собою звичайні протектори, що підключаються до кабелю, який захищається, через напівпровідникові прилади (германієві діоди).

Включення діода забезпечує протікання струму в сполучному провіднику від кабелю, котрий захищається, до протектору, а в землі від протектора до кабелю.

Протектори з успіхом застосовуються для захисту кабелів з алюмінієвою оболонкою, оскільки через малий захисний струм застосування для цих кабелів катодного захисту зовнішнім струмом може бути економічно невигідним.

Особливо це справедливо для кабелів із шланговим покривом, де катодний захист виступає резервуючим на випадок пошкодження шлангу.

Для стабільної та більш ефективної роботи протектору він розміщується в активаторі, який забезпечує більш рівномірне кородування електроду.

Продукти корозії, що утворюються в процесі його розчинення, здійснюють стабілізуючу дію на електродний потенціал протектора.

Наявність солей в активаторі знижує опір розтіканню протектора.

Протекторний захист може бути виконаний з одиночною або груповою установкою протекторів.

У першому випадку кожен протектор окремо підключається до кабелю.

У другому – до кабелю підключається відразу група протекторів.

Групові установки мають більш тривалий термін роботи.

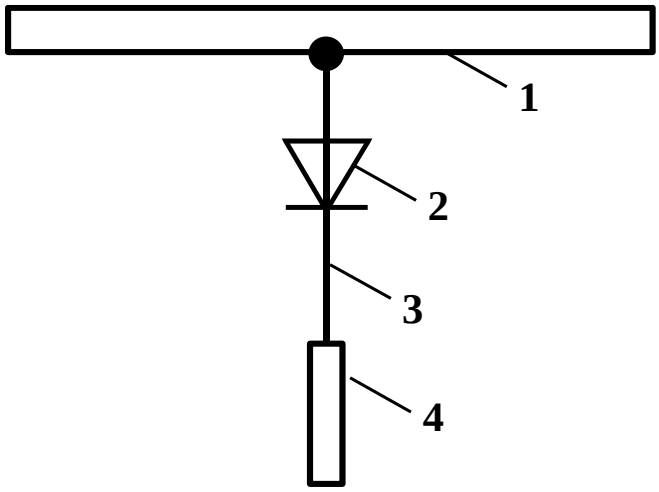


Рис. 3 Схема підключення одиночного поляризованого протектору:
1 – кабель, що захищається; 2 – діод; 3 – провід; 4 – протектор

Для виготовлення протекторів використовуються магнієві, цинкові та алюмінієві сплави. Найбільш широко застосовуються протектори на основі магнієвих сплавів через те, що у цинку мала струмовіддача, а на поверхні алюмінію утворюється щільний погано провідний шар.

Протектори з активатором ПМ призначені для протекторного захисту від корозії і являють собою магнієві аноди, упаковані в бавовняні мішки разом з порошкоподібним активатором.

Магнієві аноди виготовляються зі сплавів МПУ або МПУвч (протектори зі сплаву високої частоти застосовуються в ґрунтах з питомим опором до 25 Ом·м).

В комплекті протектора є з'єднуючий провід ПСРП перерізом 1 мм^2 довжиною 3 м. До складу активатора входить бентонітова глина марки Б (50%), будівельний гіпс (25%) і сіркокислий натрій (25%).

Таблиця 7. Технічні характеристики протекторів

Тип	Розміри, мм		Маса анода, кг	Маса протектора з активатором, кг
	довжина	діаметр		
ПМ-5у	580	165	5	10
ПМ-10у	700	200	10	30
ПМ-20у	710	270	20	60

Пруткові магнієві протектори призначені для захисту споруд в ґрунтах з високим питомим електричним опором (до 500 Ом·м).

Таблиця 8. Технічні характеристики пруткових протекторів

Розміри, мм			Площа перерізу, мм^2	Маса 1 м протектору, кг
ширина	товщина	діаметр		
20	10	–	200	0,35
30	15	–	450	0,78
–	–	20	310	0,70
–	–	30	700	1,30
–	–	40	1250	2,70

3.5 Електричний дренажний захист силових кабелів

Корозія підземних металевих споруд, що викликається блукаючими струмами електричних установок постійного струму, є найбільш руйнівною.

До основних джерел блукаючих постійних струмів відносяться:

- електрифіковані залізниці;
- трамваї;
- метрополітен.

Поява блукаючих струмів в землі відбувається через неповну ізоляцію рейок від землі, збільшений опір стикових з'єднань рейок, і як наслідок, недостатньої їх поздовжньої провідності.

Блукаючі струми з землі проникають в підземну металеву споруду.

На ділянці входу струмів у споруду утворюються катодні зони, а на ділянці виходу – анодні. В анодній зоні споруда по відношенню до землі має позитивний потенціал і піддається руйнуванню.

Схема виникнення блукаючих струмів наведена на рис. 4.

Дія електричного дренажного захисту, як зазначалося вище, полягає у відведенні блукаючих струмів, які проникли в підземну металеву споруду, в мережу зворотних струмів електричного рейкового транспорту через дренажний пристрій, що дає можливість забезпечити потрібне значення і напрямок струму.

При належному струмовому режимі з'єднання мережі зворотних струмів з підземною металевою спорудою забезпечує на останньому негативний потенціал по відношенню до навколишньої землі, що усуває можливість корозії.

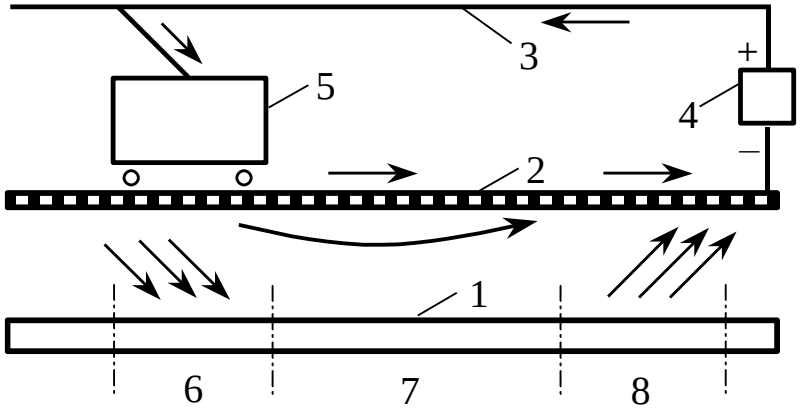


Рис. 4 Схема виникнення блукаючих струмів:
1 – силовий кабель; 2 – рейкова колія; 3 – контактний провід;
4 – тягова підстанція; 5 – електровоз; 6 – катодна зона;
7 – нейтральна зона; 8 – анодна зона

Боротьба з корозією блукаючими струмами ведеться за наступними напрямками:

- обмеження блукаючих струмів на їх джерелах, головним чином на рейкових шляхах електрифікованого транспорту;
- раціональний підбір траси прокладки кабелю;
- правильний вибір кабелю по типу захисного покриву;
- катодна поляризація кабелю шляхом здійснення дренажного, протекторного або катодного захисту.

Обмеження витоку струмів з рейкових колій може бути досягнуто зменшенням падіння напруги в рейках або збільшенням перехідного опору між рейками і землею. Контроль за станом рейкових колій повинен здійснюватися в суворій відповідності з діючими ДСТУ.

Для зменшення впливу блукаючих струмів велике значення має раціональний вибір траси кабелю і правильна його прокладка. По можливості траса повинна бути віддалена від джерел блукаючих струмів. При перетині кабельною лінією залізничних електрифікованих колій слід застосовувати неметалеві труби.

Кабель, що прокладається в зонах блукаючих струмів, повинен вибиратися з більш надійним захисним покривом. В цьому випадку проникнення блукаючих струмів в кабель можливо лише при виникненні дефектів в покриві, поганій ізоляції муфт і погіршенні ізолюючих властивостей покриву з часом.

Застосування дренажного захисту виправдано при відносно близькому розташуванні кабелю, який захищається, від рейок або відсмоктувальних пунктів.

При великій довжині дренажного кабелю для зменшення втрати напруги потрібне збільшення його перерізу, що може виявитися економічно недоцільним.

У таких випадках рекомендується переходити на катодний або протекторний захист. Залежно від місцевих умов знаходять застосування прямі, поляризовані та посилені електричні дренажі.

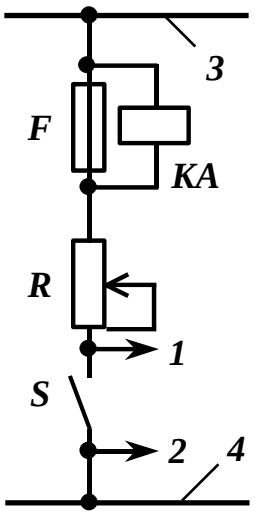


Рис. 5 Схема прямого електродренажу:

1, 2 – виводи;
3 – рейка;
4 – кабель

Прямий електричний дренаж (рис. 5) є найбільш простим за конструкцією.

Установка складається з однополюсного рубильника *S*, запобіжника *F*, регульованого резистора *R*. Амперметр для контролю струму підключається до виводів *1* і *2*. При перегоранні запобіжника спрацьовує сигнальне реле *КА* і замикає коло сигнального пристрою.

Внаслідок двосторонньої провідності прямий дренаж може застосовуватися за умови, що потенціал кабелю, який захищається, $U_К$ завжди вище потенціалу елемента рейкової мережі в точці дренування $U_Р$. Окрім того, щоб уникнути витоку блукаючих струмів з кабелю в землю в точці дренажу різниця потенціалів кабель-рейки $U_{КР}$ повинна бути більше різниці потенціалів кабель-земля $U_{КЗ}$.

Прямі електродренажі промисловість не випускає. При необхідності дренаж цього типу може бути виготовлений і змонтований з готових вузлів силами експлуатаційних організацій.

Поляризований електричний дренаж відрізняється від прямого однобічною провідністю і застосовується в тих випадках, коли потенціал кабелю, який захищається, по відношенню до потенціалу рейок позитивний або знакозмінний, тобто напрям блукаючих струмів може змінюватися.

При цьому, також повинна дотримуватися умова $U_{КР} > U_{КЗ}$.

Внаслідок своєї односторонньої провідності поляризований дренаж перешкоджає зворотньому проходженню струму з рейок в кабель, який захищається, при перевищенні потенціалу рейок по відношенню до потенціалу кабелю.

За принципом відключення дренажного кола поляризовані дренажі діляться на електромагнітні та вентильні. У перших включення і відключення кола здійснюється за допомогою електромагнітних реле.

У вентильних електродренажах одностороння провідність здійснюється за допомогою силових діодів, включених у коло дренажу.

Перевагою вентильних електродренажів є відсутність рухомих контактів, які в електромагнітних дренажах швидко виходять з ладу через великі струми

дренування. Однак вентильні дренажі вельми чутливі до перевантажень по напрузі та струму.

Таблиця 9. Технічні характеристики поляризованих електродренажів

Тип дренажу	Номінальний струм, А	Максимальна зворотна напруга, В
ПД-50 У1	50	700
ПД-125 У1	125	700
ПД-200 У1	200	700
ПД-300 У1	300	700
ПД-500 У1	500	700
ПД-3А	500	100
ПГД-60М	60	150
ПГД-100М	100	100
ПГД-200М	200	50

Посилений електричний дренаж практично являє собою катодну установку, в якій рейкове полотно є анодним заземленням. Електричне поле посиленого дренажу компенсує поле блукаючих струмів і створює на кабелі, який захищається, регульований захисний потенціал в потрібних межах.

Посилений електродренаж зазвичай застосовується при знакозмінному потенціалу на кабелі, який захищається, створюваному одночасною дією декількох джерел блукаючих струмів.

У порівнянні з поляризованими електродренажами посилені забезпечують ширше регулювання захисного потенціалу та дозволяють зменшити переріз дренажних кабелів.

Таблиця 10. Технічні характеристики посилених електродренажів

Тип установки	Номінальна потужність , кВт	Номінальна випрямлена напруга, В	Номінальний випрямлений струм, А
ПАД-0,6-50/100 У1	0,6	12/6	50/100
ПАД-1,2-100/200 У1	1,2	12/6	100/200
ПАД-2,0-165/300 У1	2,0	12/6	165/330
ПАД-3,0-250/500 У1	3,0	12/6	250/500

Порядок виконання роботи

1. Розрахунок катодного захисту кабелів

Розрахунок катодного захисту оболонки кабелю проводиться в наступному порядку.

1. Визначення протяжності захисної зони.

Для кабелів з від'єднаними від заземлень оболонками (або підключеними через роздільні пристрої) визначається коефіцієнт розтікання

$$\Theta = Z_0 L / Z_{\text{ВХ}} \ ,$$

де $Z_0 = r_0$ – поздовжній опір оболонки кабелю; $Z_{\text{ВХ}} = r_{\text{ВХ}}$ – вхідний опір; L – довжина кабелю.

При значеннях $\Theta < 3$ плече захисної зони визначається за формулою для кабелю кінцевої довжини:

$$l_3 = 1/\alpha \cdot ln \ \text{n} \ ,$$

де α – коефіцієнт розповсюдження, абсолютне значення якого

$$\alpha = \frac{\sqrt{7,5}}{L}\sqrt{1-\frac{3}{\theta}+\sqrt{\left(1-\frac{3}{\theta}\right)^2+0,8}}$$

та

$$n = \frac{2\pi y r_{\text{ВХ}}}{k_{\text{В}}\frac{U_{\min}}{U_{\max}}\left(2\pi y r_{\text{ВХ}}+\rho\right)}$$

де y – відстань до анодного заземлення; $k_{\text{В}}$ – коефіцієнт, взаємовпливу сусідніх катодних станцій (при одній працюючій станції $k_{\text{В}} = 1$, для двох та більше станцій $k_{\text{В}} = 0,5$); $U_{\min}$ та $U_{\max}$ – мінімальне і максимальне значення накладених на оболонку кабелю потенціалів; ρ – питомий опір ґрунту.

Для забезпечення оптимальних умов захисту необхідно, щоб різниці потенціалів між кабелем і близькими до нього точками землі (захисні потенціали) були в межах максимальних та мінімальних значень (табл. 1 і 2).

Ці значення є сумою природної (виміряної) і накладеної різниці потенціалів (рис. 6).

Отже, накладені різниці потенціалів у точці дренажу та в кінці плеча захисту можуть бути визначені з виразів:

$$U_{\min} = U_{\min 3} - U_{\text{ИЗМ}};$$
$$U_{\max} = U_{\max 3} - U_{\text{ИЗМ}}.$$

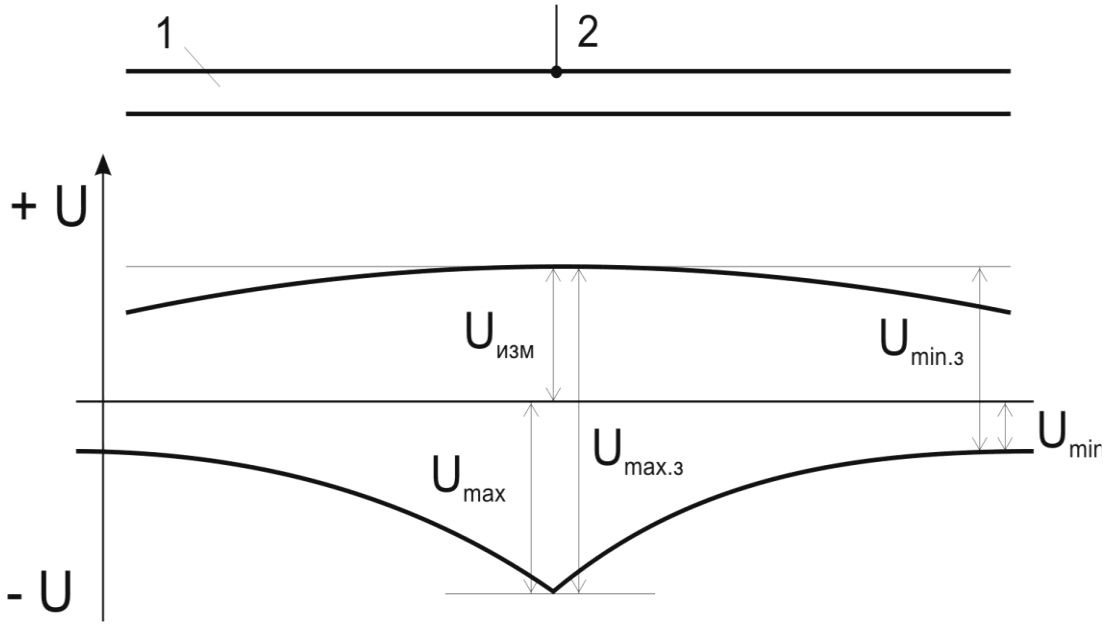


Рис. 6 Розподіл захисних потенціалів уздовж кабелю:
1 – кабель, який захищається; 2 – точка дренажу

Загальна довжина захисної зони при достатньому віддаленні точки дренажу від кінців кабелю дорівнює $2l_З$.

2. Визначення захисного струму

При катодному захисту одного кабелю струм, необхідний для захисту, визначається за формулою:

$$I = \frac{U_{max}}{r_{ВХ} + \rho / 2\pi y} \text{ , А}$$

$$I_{КС} \geq 1{,}25\ I$$

3. Визначення напруги катодної станції

Напруга на виході катодної станції визначається за виразом:

$$U = I\,(r_{ВХ} + R_{АЗ} + R_Д),$$

де $R_{АЗ}$ – опір розтіканню анодного заземлення, Ом; $R_Д$ – опір дренажних проводів або кабелів, що з'єднують катодну станцію з оболонкою кабелю та анодним заземленням , Ом.

Для захисту силового кабелю служить перша складова формули. Решта членів виражають втрати енергії в анодному заземленні та дренажних кабелях (проводах).

Опір дренажних проводів:

$$R_Д = \rho \cdot l / q ,$$

де ρ – питомий опір проводу, Ом·мм^2/м; l – довжина дренажного проводу, м; q – переріз жил проводу, мм^2.

Для регулювання захисного струму при налаштуванні та експлуатації захисту катодна станція повинна мати запас по напрузі, тобто:

$$U_{КС} \geq U / 0{,}75$$

Падінням напруги на споруді, яка захищається, нехтують, оскільки вона не перевищує 1% від загальної величини.

4. Визначення потужності катодного станції

Потужність катодної станції повинна бути не менше

$$P_{КС} = I \cdot U_{КС}$$

5. За розрахованими значеннями $I_{КС}$ и $U_{КС}$ вибирається тип катодної станції (перетворювача).

2. Варіанти завдання

Розрахувати катодний захист оболонки силового кабелю марки СБ перерізом 3 х 95 мм, напругою 6 кВ. Оболонка кабелю з обох сторін від'єднана від броні та приєднана до контурів заземлення через розділові пристрої.

Поздовжній опір свинцевої оболонки кабелю r_0 = 1,43 10^{-3} Ом/м.

В якості дренажного проводу застосовано кабель марки АВРБ перерізом 2 х 1,5 мм^2. Решту вихідних даних взяти з табл. 11.

Таблиця 11. Вихідні данні для розрахунку за варіантами

№	L, м	$r_{ВХ}$, Ом	ρ, Ом·м	у, м	$U_{ИЗМ}$, В	$R_{АЗ}$, Ом
1	800	1,8	10	100	0,5	0,81
2	200	1,7	50	80	0,45	0,9
3	250	1,6	100	60	0,4	1,1
4	300	1,5	150	40	0,35	1,2
5	400	1,4	200	50	0,3	1,3
6	450	1,3	15	70	0,25	1,4
7	500	1,2	25	90	0,2	1,5

8	550	1,1	45	110	0,33	1,6
9	600	1,9	110	120	0,37	1,7
10	650	2,0	210	105	0,22	1,8
11	700	1,82	105	108	0,51	0,81
12	220	1,74	53	87	0,43	0,69
13	230	1,65	95	65	0,41	0,61
14	320	1,51	88	49	0,32	0,72
15	440	1,43	134	54	0,38	0,93
16	900	1,77	18	105	0,53	0,81
17	330	1,64	46	84	0,42	0,9
18	270	1,59	87	66	0,41	0,77
19	340	1,61	134	47	0,34	0,72
20	470	1,47	168	52	0,31	0,73
21	560	1,39	18	71	0,26	0,74
22	590	1,28	28	94	0,22	0,65
23	345	1,19	49	117	0,39	0,69
24	630	1,88	122	123	0,35	0,97
25	510	1,74	198	136	0,27	1,08

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Короткий опис існуючих методів захисту силових кабелів від корозії.
3. Розрахунок катодного захисту кабельної лінії свого варіанту.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Охарактеризувати різновиди корозії.
2. Охарактеризувати методи захисту від корозії.
3. Охарактеризувати захисні потенціали для захисту від корозії.
4. Охарактеризувати катодний захист від корозії.
5. Охарактеризувати комплектні пристрої катодного захисту.
6. Охарактеризувати протекторний захист від корозії.
7. Охарактеризувати комплектні пристрої протекторного захисту.
8. Охарактеризувати електродренажний захист від корозії.
9. Охарактеризувати комплектні пристрої електродренажного захисту.

Лабораторна робота 4 “ Монтаж комплектної трансформаторної підстанції внутрішнього установлення ”

Мета роботи: досягти результатів навчання: вивчити технологію виконання робіт при монтажі КТП.

В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

Знати – послідовність та склад робіт, що виконуються піч час монтажу КТП внутрішнього установлення.

Уміти – визначати технічні характеристики необхідних механізмів і транспортних засобів, склад монтажних ланок і розрахунковий час для виконання електромонтажних робіт.

Методичні вказівки

Комплектні трансформаторні підстанції (КТП) внутрішнього установлення складаються з трифазних знижувальних трансформаторів вищої (6…10 кВ) або нижчої (0,4…0,69 кВ) напруги і шаф розподільного пристрою (РП) (рис. 1).

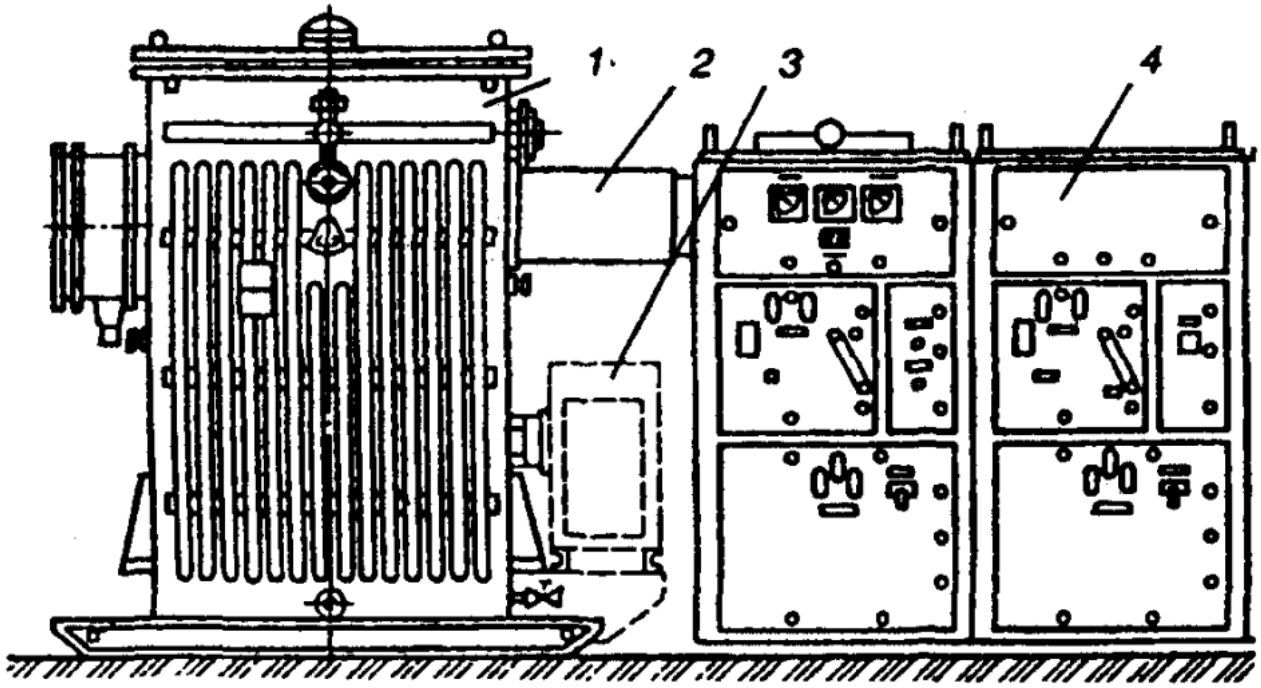


Рис. 1 Комплектна трансформаторна підстанція внутрішнього установлення:
1 – трансформатор; *2* – з’єднувальний короб;
3 – шафа попереджувальної сигналізації; *4* – шафа РП 0,4 кВ

Шафи РП ВН виготовляють увідними, секційними та лінійними. Вони складаються з шинної та комутаційної частини, які розділені металевими перегородками.

У шафах РП НН розміщені комутаційна і захисна апаратура:

- висувні універсальні та інсталяційні вимикачі;
- релейна апаратура та засоби АВР;
- вимірювальні прилади;
- вимірювальні трансформатори струму.

Схеми керування, захисту та сигналізації обладнання КТП виконуються на оперативному змінному струмі.

Підстанції мають один або два силових трансформатора потужністю 25, 40, 63, 100, 250, 400, 630, 1000, 1600 і 2500 кВА, які поставляються заповненими маслом або сухі зі скловолокнистою ізоляцією (рис. 2).

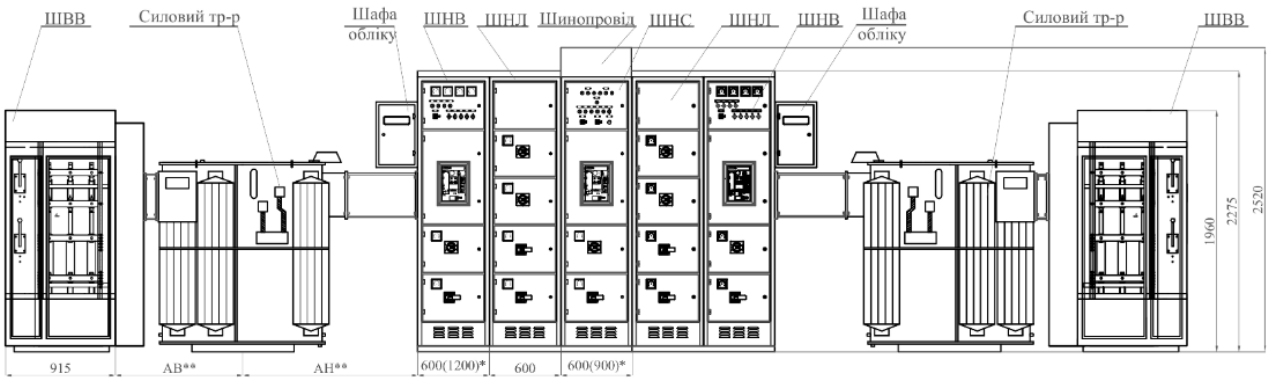


Рис. 2 Двотрансформаторна КТП

Підстанції з масляними трансформаторами можливо застосовувати лише при улаштуванні під ними маслозбірних приямків і відстані між двома КТП не менше 10 м.

Комплектні трансформаторні підстанції можуть так званого «кіоскового» типу, коли все обладнання розташоване в одному корпусі (рис. 3, 4, 5, 6).

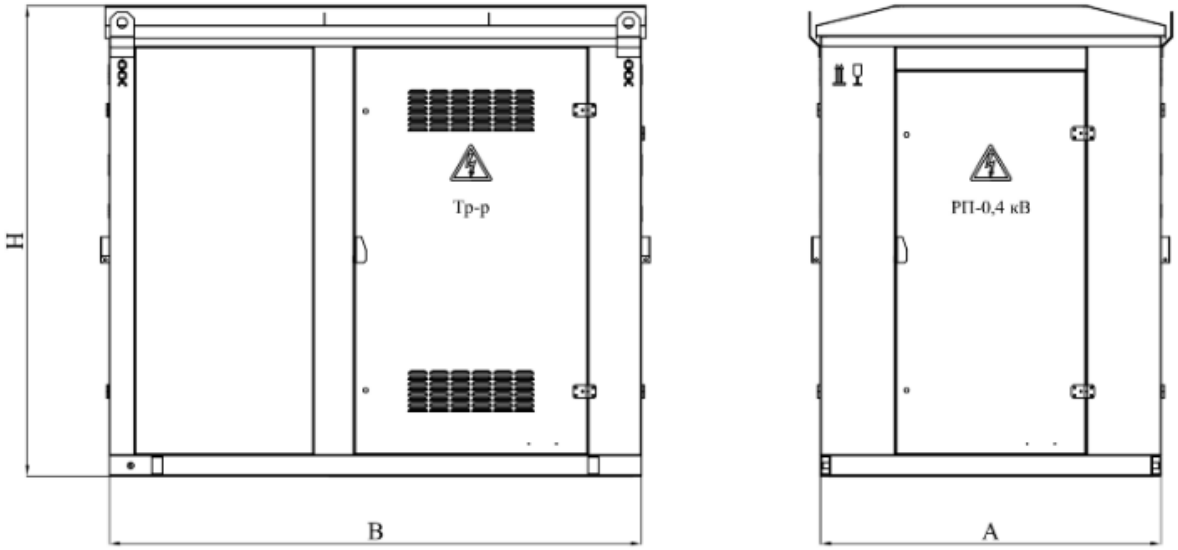


Рис. 3 КТП «кіоскового типу»

Рис. 4 Однотрансформаторна КТП «кіоскового» типу

Рис. 5 Двотрансформаторна КТП «кіоскового» типу

Рис. 6 Двотрансформаторна КТП великої потужності

На початку виконання роботи потрібно відповідно до завдання обрати з довідників конкретний тип будь-якої КТП внутрішнього установлення та визначити її основні масо-габаритні характеристики.

Ці показники треба враховувати при виборі підйомної техніки і транспортних засобів, які також будуть залежати від прийнятої технології розвантаження та транспортування.

До того ж слід зауважити, що до місця безпосереднього встановлення КТП треба переміщати іншими засобами, оскільки автокрани в цеху працювати не зможуть.

Ще однією важливою частиною технології є підйом і встановлення підстанції на фундамент. Для цього теж існують певні засоби.

Слід зауважити, що інформація про всі механізми для монтажу також міститься у довідниках.

Якщо інформація або технічні характеристики обладнання чи транспорту беруться з мережі Internet, тоді обов’язково треба наводити посилання на сайти.

Порядок виконання роботи

1. Варіанти завдання

Описати послідовність та склад робіт при монтажі трансформаторної підстанції типу КТП напругою до 10 кВ внутрішнього установлення.

Залізнична лінія, якою доставляється підстанція на платформі, розташована в 800 м від цеху, що споруджується.

Визначити технічні характеристики необхідних монтажних механізмів та транспортних засобів, склад ланок та розрахунковий час для виконання електромонтажних робіт.

Необхідні вихідні дані взяти з табл. 1.

Таблиця 1. Вихідні данні для розрахунку за варіантами

Номер варіанта	Потужність тр-рів, кВА та їх кількість	Число блоків і шаф у блоці	Число автоматів на номінальний струм		
			1500 А	800 А	400 А
1	2 х 1600	2 х 2	2	6	6
2	1600	1 х 3	1	4	6
3	2 х 1000	2 х 3	2	8	4
4	1000	1 х 2	1	2	4
5	2 х 630	2 х 2	2	4	8
6	630	1 х 3	1	6	4
7	2 х 400	2 х 3	2	10	10
8	400	1 х 2	1	2	8
9	2 х1600	2 х 3	2	8	12
10	1600	1 х 2	1	12	10
11	2 х 1000	2 х 2	2	4	6
12	1000	1 х 3	1	4	4
13	2 х 630	2 х 3	2	8	2
14	630	1 х 2	1	4	2
15	2 х 400	2 х 2	2	6	2
16	400	1 х 3	1	8	6
17	2 х 1600	2 х 2	2	4	8
18	1600	1 х 2	1	4	6
19	2 х 1000	2 х 3	2	2	10
20	1000	1 х 3	1	6	4
21	2 х 630	2 х 2	2	6	8
22	630	1 х 2	1	2	6
23	2 х 400	2 х 3	2	8	2
24	400	1 х 3	1	6	2
25	2 х 1600	2 х 2	2	8	12

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Послідовність виконання робіт при монтажі КТП внутрішнього установлення.
3. Склад робіт при розпакуванні, монтажі та налагодженні підстанції.
4. Склад виконавців робіт при розпакування та монтажі КТП.

5. Технічні характеристики монтажних механізмів і транспортних засобів, які потрібні для виконання монтажних робіт.

4. Розрахунковий час виконання електромонтажних робіт для КТП свого варіанту.

Контрольні запитання

1. Призначення комплектних трансформаторних підстанцій.
2. З яких елементів складається комплектна трансформаторна підстанція?
3. Які різновиди КТП існують?
4. Яка технологічна послідовність операцій з монтажу КТП?
5. Які існують технології розвантаження комплектних підстанцій?
6. Які існують технології перевезення комплектних підстанцій?
7. Які існують технології переміщення КТП всередині цеху??
8. Які існують технології встановлення комплектних підстанцій на фундамент?
9. Які виконавці потрібні для виконання робіт з монтажу КТП?
10. Яких заходів безпеки потрібно дотримуватися при монтажі КТП?
11. Яким чином пов’язана індустріалізація електромонтажних робіт з КТП?

Лабораторна робота 5 “ Визначення кількості персоналу для здійснення ремонтів та міжремонтного обслуговування ”

Мета роботи: досягти результатів навчання: ознайомлення зі структурою організації ремонтів і методикою розрахунку електротехнічного персоналу.

В результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

Знати – принципи формування міжремонтних циклів і періодів.

Уміти – розрахувати кількість працівників для виконання планових ремонтів і міжремонтного обслуговування.

Методичні вказівки

1. Традиційна система ремонтів електрообладнання

Виробниче устаткування є найактивнішою частиною основних засобів, що відіграють вирішальну роль у визначенні виробничої потужності підприємства та його структурних підрозділів. Своєчасність і якість випуску продукції багато в чому залежить від стану та продуктивності устаткування, яке в процесі використання фізично, соціально і економічно зношується.

Покращення використання устаткування, скорочення його простою і, як наслідок, підвищення продуктивності значною мірою зумовлені досконалістю планування та проведення його ремонту.

Система планово-попереджувальних ремонтів передбачає сукупність взаємозалежних положень і норм, що визначають організацію та виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту обладнання з метою зберігання протягом зумовленого часу продуктивності, точності та інших показників, гарантованих у супровідній технічній документації заводів-виготовлювачів, за заданих умов його експлуатації.

Це сукупність організаційно-технічних заходів з догляду, нагляду, обслуговування та різних видів ремонтів устаткування, які проводяться профілактично через певний термін його роботи за заздалегідь складеним планом з метою запобігання прогресивному зносу, попередження аварій та підтримання устаткування в постійній експлуатаційній готовності.

Черговість і періодичність планових оглядів і ремонтів устаткування визначаються його конструктивними особливостями, розмірами, призначенням, умовами роботи.

Системи технічного обслуговування ремонту устаткування ґрунтуються на принципах попередження і плановості.

Перший передбачає проведення оглядів і ремонтів після відпрацювання кожною одиницею устаткування визначеної кількості годин незалежно від її фізичного стану та ступеня зносу.

Другий полягає в здійсненні оглядів і конкретних видів ремонтних робіт у передбачені плановим графіком терміни.

Передбачається виконання таких видів попереджувально-планових робіт:

1. **Технічне обслуговування** – комплекс операцій щодо підтримання працездатності або справного стану виробу при використанні за призначенням, очікуванні, зберіганні та транспортуванні.

До нього входять:

- спостереження за дотриманням правил експлуатації устаткування;
- усунення дрібних несправностей основними робітниками та черговими слюсарями-ремонтниками;
- очищення та змащування;
- закріплення болтових з'єднань
- огляди між плановими ремонтами.

Огляд проводиться з метою перевірки стану устаткування і складання дефектної відомості, в якій вказуються всі його несправності. На підставі дефектної відомості визначається обсяг ремонтних робіт, які підлягають виконанню при черговому плановому ремонті устаткування.

2. **Проведення планових ремонтів**, які поділяються на поточні (малі), середні та капітальні.

Поточний (малий) ремонт – це вид планового ремонту, при якому заміною чи відновленням зношених деталей і регулюванням механізмів забезпечується нормальна експлуатація агрегату до наступного чергового планового ремонту.

Середній ремонт – вид планового ремонту, при якому здійснюється часткове розбирання агрегату, капітальний ремонт окремих вузлів, заміна та відновлення основних зношених деталей, складання, регулювання під навантаженням.

Капітальний ремонт – це комплекс робіт, що передбачають повне розбирання агрегату, заміну всіх зношених деталей і вузлів, ремонт базових та інших деталей і вузлів, складання, регулювання та випробовування агрегату під навантаженням.

При капітальному ремонті відновлюється потужність і продуктивність на термін до наступного капітального ремонту. Цей вид ремонту є найбільшим за обсягом робіт. Його проводять в робочий час у межах встановлених норм простою устаткування, яке перебуває в ремонті.

Основою системи ремонтів є нормативна база, яка дозволяє найбільш раціонально планувати і здійснювати ремонтні роботи та міжремонтне обслуговування. Ремонтні нормативи систематично оновлюються залежно від конструктивних особливостей технологічного устаткування та умов його експлуатації.

До основних ремонтних нормативів належать:

- категорія складності ремонту;
- ремонтна одиниця часу на ремонт;

- тривалість міжремонтного циклу;
- структура міжремонтного циклу;
- тривалість міжремонтного періоду;
- тривалість міжоглядового періоду;
- тривалість планових простоїв устаткування в ремонті;
- нормативи трудомісткості;
- нормативи матеріаломісткості;
- нормативи запасу деталей і вузлів для ремонту устаткування.

Тривалість міжремонтного циклу – це час між двома суміжними капітальними ремонтами устаткування або між введенням в експлуатацію нового устаткування та його першим капітальним ремонтом.

Вона визначається терміном служби основних вузлів і деталей, заміну яких можна здійснити під час повного розбирання обладнання.

Планування ремонту устаткування передбачає визначення наступних показників:

- загальна кількість ремонтних одиниць (РО) складності встановленого устаткування;
- структура і тривалість ремонтного (міжремонтного) циклу;
- тривалість міжремонтного та міжоглядового періодів;
- чисельність робітників, необхідних для ремонту і технічного обслуговування устаткування.

Показники системи ТО і ремонту дають змогу оцінити витрати праці та засобів на виконання технічного обслуговування і ремонту.

Ці витрати обумовлені як конструкцією та технічним станом виробу, так і організацією, технологією виконання ТО і ремонтів, матеріально-технічним забезпеченням, кваліфікацією персоналу, умовами навколишнього середовища.

2. Система технічного обслуговування електрообладнання за станом

Суть системи полягає в тому, що обслуговування і ремонт виконуються залежно від реального поточного технічного стану обладнання, який контролюється в процесі експлуатації без будь-яких розбирань та ревізій, на базі контролю і аналізу відповідних параметрів.

Система передбачає в процесі роботи електрообладнання найбільшу увагу приділяти його діагностуванню і вимірюванню основних технічних параметрів, а виведення устаткування в ремонт здійснювати не за жорстко фіксованим графіком – планом (що значно збільшує витрати на ремонт), а лише тоді, коли технічні характеристики електрообладнання вийшли за нормально допустимі межі.

При появі будь-яких чинників, що викликають відхилення від

нормального стану обладнання, можна спостерігати реакцію на їх дію за зміною відповідних параметрів, які відображають зміни, що відбуваються з устаткуванням.

При цьому визначаються реальні причини змін, що відбуваються, та в кожній конкретній ситуації, приймаються обґрунтовані рішення з їх усунення.

В результаті при обслуговуванні «за станом»:

- підприємство має об'єктивні дані про поточний технічний стан устаткування;
- не порушується нормальна робота обладнання через необґрунтоване втручання людини;
- технічно достовірно визначаються необхідні терміни та обсяги ремонтних і налагоджувальних робіт;
- контролюється якість їх виконання.

Така технологія при належній її організації не лише скорочує експлуатаційні витрати, але і корінним чином міняє систему обслуговування устаткування на підприємстві, що дозволяє:

- контролювати реальний поточний технічний стан обладнання;
- контролювати якість виготовлення, налагоджування і монтажу при введенні в експлуатацію;
- контролювати якість виконаних ремонтних і налагоджувальних робіт;
- обґрунтовано планувати терміни та обсяг ремонтних і налагоджувальних робіт;
- планувати терміни придбання запасних частин у міру їх необхідності;
- скоротити потребу в запасних частинах, матеріалах та їх запасах на складі;
- підвищити ресурс і надійність устаткування;
- продовжити міжремонтний період і термін служби;
- позбавитися від «раптових» поломок обладнання та зупинок виробництва;
- підвищити загальну культуру виробництва і кваліфікацію персоналу.

Використовувані при цьому технічні засоби, як правило, дозволяють не лише контролювати стан механізмів, але і забезпечують вирішення завдань з оперативного налагоджування в процесі експлуатації та ремонту.

Вочевидь, що для підвищення ресурсу та надійності устаткування, скорочення витрат, пов'язаних з ремонтом і простоями, необхідно переходити від регламентованих за часом профілактичних і ремонтно-відновних робіт до обслуговування «за станом».

Порядок виконання роботи

1. Розрахунок кількості ремонтів

За ремонтний цикл приймається період між двома капітальними ремонтами, що складається з кількох малих, середніх та одного капітального ремонту.

Кількість планових ремонтів всіх видів протягом ремонтного циклу визначається за тривалістю періоду між ремонтами (табл. 1).

Таблиця 1. Тривалість періоду між ремонтами при двозмінній роботі електротехнічного обладнання

Обладнання	Тривалість періоду між ремонтами, місяців		
	$n_М$	$n_С$	$n_К$
Трансформатори силові:	12	–	
герметизовані (КТП)			180
негерметизовані			120
Електродвигуни змінного та постійного струму, що працюють у приміщеннях:			
з нормальним середовищем	6	12	120
із забрудненим середовищем (запиленим, вологим, хімічно активним, вибухонебезпечним)	4	8	96

Кількість малих ремонтів:

$$P_М = \frac{n_К}{n_M} - \frac{n_К}{n_C} \ ,$$

кількість середніх ремонтів:

$$P_С = \frac{n_К}{n_C} - 1 \ ,$$

кількість капітальних ремонтів:

$$P_К = 1 \ ,$$

де $n_К$, $n_С$, $n_М$ – тривалість періоду між капітальними, середніми та малими ремонтами відповідно.

2. Визначення чисельності експлуатаційного та ремонтного персоналу

Час, необхідний протягом року для ремонту однотипного електрообладнання або електричної установки, визначається:

$$E = \frac{12\left(1{,}2 \cdot P_M + 7 \cdot P_C + 15 \cdot P_K\right)}{\alpha \cdot n_К} \sum r \text{ , годин,}$$

де $P_М$, $P_С$, $P_К$ – кількість малих, середніх і капітальних ремонтів в одному циклі; $n_К$ – тривалість циклу між капітальними ремонтами; α – коефіцієнт, що залежить від числа змін роботи обладнання (1,4 – при однозмінній роботі, 1 – при двозмінній, 0,6 – при тризмінній); $\sum r$ – сума умовних одиниць ремонту (УОР) групи однотипного обладнання.

Одній УОР відповідає одна категорія складності ремонту (табл. 2).

Таблиця 2. Категорії складності ремонту електрообладнання

Обладнання	Категорії складності ремонту
Трансформатори, кВА:	
180	12
320	13
560	16
750	19
1000	22
Асинхронні двигуни, кВт:	
625	35
700	40
850	45
1000	50
1200	60
Синхронні двигуни, кВт:	
470	40
520	45
600	50
700	55
870	60

Чисельність ремонтного персоналу визначається як частка від поділу загальної суми годин необхідного ремонтного часу на річне число годин роботи одного робітника в одну зміну (2000 год/рік):

$$K_{\text{Р}} = E / 2000 \text{ , чол.}$$

Чисельність персоналу для міжремонтного (експлуатаційного) обслуговування визначається за загальною кількістю обладнання, що приведена до умовних ремонтних одиниць:

$$K_{\text{Е}} = \sum r\text{а} / R_{\text{Е}} \text{ , чол.,}$$

де $\sum r$а – сума умовних одиниць ремонту по всьому об'єкту; $R_{\text{Е}}$ – кількість УОР, що припадають на одного робітника (табл. 3).

Таблиця 3. Нормативи міжремонтного обслуговування електротехнічного обладнання на одного робітника в одну зміну

Обладнання		Норматив УОР
Технологічне та підйомно-транспортне (крім кранів)	У цехах холодної обробки металів	900
	У цехах гарячого оброблення металів	650
	У деревообробних цехах	550
Мостових та електричних кранів	Важкий режим роботи	500
	Легкий та середній режими роботи	650

Загальна річна чисельність експлуатаційного та ремонтного персоналу визначається:

$$K = K_{\text{Е}} + K_{\text{Р}}$$

Примітка. Оскільки мова йде про людей, кінцевий результат не може бути дробовим. Округлення кінцевого значення! завжди слід робити в більший бік.

2. Варіанти завдання

Визначити необхідну кількість робітників для виконання планових ремонтів та міжремонтного обслуговування на підприємстві, що має високовольтне обладнання, вказане у таблиці 4.

Таблиця 4. Вихідні данні для розрахунку за варіантами

Номер варіанта	Кількість ТП, кВА					Кількість АД, кВт					Кількість СД, кВт				
	180	320	560	750	1000	625	700	850	1000	1200	470	520	600	700	870
1	-	9	-	4	-	8	-	2	-	4	-	5	-	2	-
2	7	-	5	-	4	-	1	-	2	-	4	-	3	-	1
3	-	13	-	9	-	3	-	2	-	2	-	5	-	5	-
4	12	-	5	-	9	-	5	-	2	-	3	-	3	-	4
5	-	7	-	2	-	5	-	1	-	3	-	1	-	4	-
6	8	-	9	-	11	-	4	-	1	-	3	-	4	-	5
7	-	19	-	5	-	4	-	5	-	3	-	2	-	5	-
8	13	-	9	-	8	-	5	-	5	-	2	-	3	-	3
9	-	6	-	5	-	1	-	5	-	4	-	2	-	1	-
10	15	-	9	-	3	-	2	-	5	-	4	-	2	-	8
11	-	8	-	4	-	7	-	3	-	2	-	3	-	7	-
12	10	-	2	-	5	-	8	-	3	-	5	-	5	-	7
13	-	4	-	7	-	6	-	7	-	1	-	4	-	3	-
14	9	-	7	-	2	-	7	-	4	-	6	-	3	-	6
15	-	5	-	3	-	2	-	8	-	7	-	5	-	2	-
16	6	-	3	-	7	-	6	-	7	-	7	-	1	-	2
17	-	2	5	1	-	3	-	4	4	-	-	8	9	-	-
18	5	7	-	-	1	6	-	-	6	4	3	-	7	4	-
19	-	3	-	10	2	-	5	8	3	-	-	12	1	1	-
20	8	-	6	4	-	7	-	-	3	8	11	2	3	-	-
21	-	7	7	7	-	-	11	14	-	-	-	6	-	5	7
22	9	-	-	-	15	8	-	13	-	1	9	-	6	-	4
23	-	-	7	14	2	-	8	-	4	12	-	16	-	-	13
24	5	7	8	-	-	9	-	6	-	3	1	-	3	-	10
25	-	2	-	6	6	-	4	-	8	9	-	13	-	5	2

Зміст звіту

1. Стислий опис структури системи ремонтів обладнання.
2. Розрахунок чисельності робітників.

Контрольні запитання

1. Дати визначення терміну «ремонт».
2. Охарактеризувати систему планово-попереджувальних ремонтів.
3. Охарактеризувати технічне обслуговування обладнання.
4. Охарактеризувати поточний (малий) ремонт обладнання.
5. Охарактеризувати середній ремонт обладнання.
6. Охарактеризувати капітальний ремонт обладнання.
7. Дати визначення терміну «міжремонтний цикл».
8. Охарактеризувати ремонт обладнання «за технічним станом».
9. Які чинники впливають на тривалість міжремонтного циклу?
10. Які чинники впливають на чисельність електротехнічного персоналу?

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основні

1. Камінський Є.О. Практичні прийоми читання схем електроустановок. Енергоатоміздат, 1988. – 368 с.

2. Гетлінг Б.В. Читання схем і креслень електроустановок. Навч. посібник. Виша школа, 1980. – 120 с.

3. ДСТУ 3321:2003. Єдина система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.

4. ДСТУ ГОСТ 2.702.2013. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем (ГОСТ 2.702-2011, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2013.

5. Вимірювач відстані до місця пошкодження кабелю Щ4120. Технічний опис та інструкція з експлуатації, 1980. – 32 с.

6. ДСТУ ГОСТ 9.101:2004 Єдина система захисту від корозії та старіння. Основні положення.

7. ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Національний стандарт України. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування.

8. Захист трубопроводів від корозії /Івашина Ю.Г., Шпренгель Л.Е. – Київ: Будівельник, 1980. – 72 с.

9. Електромонтажні роботи: Норми, розцінки, правила. Довідник. А.А. Присяжнюк, А.Ф. Гриніс. – К.: Будівельник, 1985. – 464 с.

10. КОШТОРИСНІ НОРМИ УКРАЇНИ. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Збірник 17 «Електромонтажні роботи». К., 2021.

11. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.

Інформаційні ресурси

1. Література на сайті кафедри електроенергетики: https://se.nmu.org.ua/ua/studentam/metod/

Методичне видання

Стапаненко Юрій Вікторович

Методичні рекомендації до лабораторних робіт
з дисципліни
«Монтаж та експлуатація електрообладнання підприємств»
для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Підготовлено до друку та видрукувано
у НТУ «Дніпровська політехніка»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06.2004 р.
49005, м Дніпро, просп. К. Маркса, 19.