

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет
імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ
ВІД КОРОЗІЇ СПРИЧИНЕНОЇ «БЛУКАЮЧИМИ СТРУМАМИ»

Здобувача вищої освіти
Антонова Антона Васильовича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»)

(підпис)

Науковий керівник:
старший викладач Олена ФУРТАТ

(підпис)

Національна шкала _____
Кількість балів _____
Оцінка: ECTS

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
 Навчально-науковий інститут муніципального управління
 та міського господарства
 Кафедра Інженерних систем та технологій
 Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
 Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
 робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Завідувач кафедри
 _____ Наталія ОМЕЦІНСЬКА
 «_____» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Антонова Антона Васильовича

1. Тема роботи: Автоматизована система захисту підземних комунікацій від корозії спричиненої «блукаючими струмами»

керівник роботи: старший викладач Олена Фуртат

затверджені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:

від «7» листопада 2025 № 138/1-ОД

2. Строк подання студентом роботи: 25.05.2026

3. Вихідні дані до роботи: Траса кабельної лінії 10 кВ, пошукова схема, діапазон ймовірного місця пошкодження на кабельній лінії.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Проаналізувати причини руйнування підземних комунікацій під дією електрохімічної корозії та блукаючих струмів міського електротранспорту; Обґрунтувати доцільність застосування сучасних пересувних електротехнічних лабораторій та спеціалізованих приладів для локалізації пошкоджень; Провести розрахунок технічних параметрів силового випробувального трансформатора 10 кВ та струмів уставки захисних автоматів та обґрунтувати необхідність та доцільність побудови автоматизованої системи електрохімічного захисту; Пропрацювати питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

. Перелік графічного матеріалу: графічна робота виконана у вигляді мультимедійної презентації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	ст.викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 2	ст.викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 3	ст.викл. Олена ФУРТАТ		
Розділ 4	ст.викл. Олена ФУРТАТ		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Заключний документ етапу
1	Вибір теми бакалаврської роботи, призначення керівника	до 31.10.2025	Затвердження переліку тем бакалаврських робіт
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану бакалаврської роботи	до 14.12.2025	Список літературних джерел, план роботи
3	Визначення об'єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми бакалаврського дослідження	до 25.01.2026	Текст вступу
4	Написання тексту бакалаврської роботи відповідно до її структури:	26.01.2026-17.05.2026	Текст розділів
	4.1 I розділ	26.01.2026-6.03.2026	Текст розділу
	4.2 II розділ	9.03.2026-27.03.2026	Текст розділу
	4.3 III розділ	30.03.2026-17.04.2026	Текст розділу
	4.4 IV розділ	20.04.2026-8.05.2026	
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.05.2026-15.05.2026	Роздатковий матеріал, презентація
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	11.05.2026-15.05.2026	Список літературних джерел
7	Оформлення та попередній захист бакалаврської роботи	18.05.2026-22.05.2026	Бакалаврська робота, рішення кафедри про допуск до захисту
8	Внесення коректив та кінцеве редагування бакалаврської роботи	25.05.2026-29.05.2026	Бакалаврська робота
9	Реєстрація бакалаврської роботи на кафедрі	1.06.2026-5.06.2026	Бакалаврська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт
10	Захист бакалаврської роботи	10.06.2026-28.06.2026	Рішення Екзаменаційної комісії про захист

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	07
ВСТУП.....	08
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ ВІД ВПЛИВУ БЛУКАЮЧИХ СТРУМІВ.....	10
1.1 Загальні характеристики кабельних ліній	10
1.2 Кабельні лінії 0,6 кВ та 10 кВ. Застосування в електротранспорті	17
1.3 Причини та види пошкоджень високовольтних кабельних ліній	20
Висновки до розділу 1	29
РОЗДІЛ 2. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ.....	30
2.1 Прилади для знаходження місця пошкодження кабельних ліній	30
2.2 Обладнання пересувних лабораторій	32
2.3 Технічні можливості кабельних лабораторій	33
2.4 Розрахунок трансформатора для випробовування кабелів 10 кВ	40
2.5 Розрахунок струму уставки автоматів для захисту кабельної лабораторії	42
Висновки до розділу 2	46
РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ДІАГНОСТИКИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ.....	48
3.1 Технічні заходи при пошуку пошкодження на кабелях високовольтних ліній	48
3.2 Випробування кабелю змінного струму після ремонтних робіт.....	51
3.3 Випробування кабелів ± 600 В постійного струму	52
3.4 Захист підземних металевих споруд від блукаючих струмів	53
3.5 Вольтододаючі пристрої	58
Висновки до розділу 3	60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
4.1 Конституція України щодо питань охорони праці	62
4.2 Кодекс законів про працю України	63
4.3 Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності"	70
4.4 Інструкція з охорони праці електромонтерів при випробуванні, фазуванні і знаходженні місця пошкодження на кабельних лініях до та понад 1000 В, та проколі кабельної лінії перед ремонтними роботами	71
Висновки до розділу 4	79
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

АНОТАЦІЯ

Антонов А. В. Автоматизована система захисту підземних комунікацій від корозії спричиненої «блукаючими струмами». – Рукопис.

Кваліфікаційна бакалаврська робота за спеціальністю 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка". – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2026 рік.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено причини виникнення пошкоджень підземних комунікацій під дією блукаючих струмів від мереж міського електротранспорту, проаналізовано сучасні алгоритми та апаратні засоби діагностики високовольтних кабельних ліній з використанням пересувних електротехнічних лабораторій.

Запропоновано структуру автоматизованої системи електрохімічного захисту на базі катодних станцій та посиленого електродренажу з використанням вольтододаючих пристроїв на основі статичних перетворювачів. Розроблено алгоритм локалізації пошкоджень кабельних ліній, виконано розрахунки параметрів силового випробувального трансформатора та струмів уставки автоматів захисту кабельної лабораторії.

Практичне значення полягає у можливості впровадження розробленого комплексного підходу та автоматизованих систем захисту для значного подовження експлуатаційного ресурсу підземних комунікацій, зниження аварійності мереж енергопостачання та мінімізації економічних втрат на їх ремонт.

Об'єкт дослідження – процес діагностики та захисту підземних металевих споруд (кабельних ліній) від впливу блукаючих струмів.

Предмет дослідження – методи, апаратне забезпечення та системи автоматизованого електрохімічного захисту комунікацій від корозійного руйнування.

Мета роботи – дослідження методів діагностики підземних кабельних ліній та розробка технічних і алгоритмічних рішень для автоматизованої системи захисту підземних комунікацій від електрохімічної корозії, спричиненої блукаючими струмами.

Методи дослідження – системний аналіз, інструментальна діагностика, електротехнічні розрахунки, алгоритмізація процесів управління.

Ключові слова: кабельна лінія, блукаючі струми, електрохімічна корозія, автоматизована система, електролабораторія, катодний захист, електродренаж.

ABSTRACT

Antonov A. V. Automated protection system for underground utilities against corrosion caused by "stray currents". – Manuscript. Bachelor's qualification work in specialty 174 "Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics". – Vernadsky Taurida National University, Kyiv, 2026.

The bachelor's thesis investigates the causes of underground utility damage under the influence of stray currents from urban electric transport networks. It analyzes modern algorithms and hardware for the diagnostics of high-voltage cable lines using mobile electrotechnical laboratories.

The work proposes a structure for an automated electrochemical protection system based on cathodic stations and enhanced drainage using booster devices based on static converters. An algorithm for locating cable line damage has been developed, and calculations for the parameters of a power test transformer and the settings for the cable laboratory's protection breakers have been performed.

The practical significance lies in the possibility of implementing the developed comprehensive approach and automated protection systems to significantly extend the operational life of underground utilities, reduce the failure rate of power supply networks, and minimize economic losses for their repair.

Object of research – the process of diagnosis and protection of underground metal structures (cable lines) from the influence of stray currents.

Subject of research – methods, hardware, and automated electrochemical protection systems for protecting utilities from corrosion damage.

Purpose of the work – research of methods for diagnostics of underground cable lines and development of technical and algorithmic solutions for an automated system of protection of underground utilities from electrochemical corrosion caused by stray currents.

Research methods – system analysis, instrumental diagnostics, electrical calculations, and process control algorithms.

Keywords: cable line, stray currents, electrochemical corrosion, automated system, electrical laboratory, cathodic protection, drainage protection.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АП – акустичний та індукційний прилад
БАС – батарея анодна суха
БВВ – блок високовольтних випробувань
БОД – блок обробки даних
БПР – блок пропалювання
ГАУХ – генератор акустичних хвиль
ГЗЧ – генератор звукових частот
ГК – генератор звукової частоти
ЕМСК – електромікросекундомер
ЕТЛ – електротехнічна лабораторія
ІВКЛ – імпульсний вимірювач кабельних ліній
ІВЛ – імпульсний випробувач ліній
КАЕЛ – кабельна електролабораторія
КЛ – кабельна лінія
ЛЕП – лінії електропередач
П - приймач
ПВМЗ – прилад для визначення місць замикання
ПТБ – правила безпечної експлуатації
РШН – гума для оболонок кабелів
СВП – стенд високовольтний
СО – стійка основна
СС - сирена
ТКШ - тробокабелешукач
ЧР – часткові розряди

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку інфраструктури міст та промислових підприємств неможливо уявити без розгалуженої мережі підземних комунікацій. Кабельні вироби є основою систем електропостачання, зв'язку та автоматики, забезпечуючи передачу електричної енергії та інформаційних сигналів у найрізноманітніших умовах експлуатації. Зокрема, для живлення міських розподільних мереж масово застосовуються кабельні лінії напругою 10 кВ, а для тягових мереж міського електротранспорту (трамваїв, тролейбусів) – 0,6 кВ постійного струму.

Однак у процесі експлуатації підземні кабельні лінії піддаються агресивному впливу навколишнього середовища. Однією з найголовніших та найнебезпечніших причин їх руйнування є електрохімічна корозія, спричинена дією «блукаючих струмів» від рейкових мереж електрифікованого транспорту. Струми витоку потрапляють на металеві оболонки комунікацій і в місцях свого виходу в ґрунт (анодних зонах) викликають інтенсивне електролітичне руйнування металу. Практика показує, що пасивна ізоляція не здатна забезпечити стовідсотковий захист споруд, оскільки з часом вона втрачає свої властивості або пошкоджується під час монтажу.

Вирішення цієї проблеми вимагає впровадження активних засобів електрохімічного захисту (катодних станцій, посиленого електродренажу). Оскільки тягові навантаження на транспортних мережах, температура та вологість ґрунту постійно змінюються, ефективний захист комунікацій можливий лише за умови застосування сучасних *автоматизованих систем управління*. Крім того, для оперативного реагування на аварії необхідне застосування мобільних діагностичних комплексів (кабельних електролабораторій). Саме тому дослідження та розробка автоматизованих систем контролю і захисту підземних комунікацій від корозії є надзвичайно актуальним інженерним завданням.

Мета роботи: дослідження методів діагностики підземних кабельних ліній та розробка технічних і алгоритмічних рішень для автоматизованої системи захисту підземних комунікацій від електрохімічної корозії, спричиненої блукаючими струмами.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі основні завдання:

1. Проаналізувати загальні характеристики кабельних ліній, умови їх експлуатації в системах електротранспорту та причини виникнення пошкоджень.
2. Дослідити апаратне забезпечення для пошуку дефектів кабельних ліній, зокрема технічні можливості пересувних електротехнічних лабораторій та приладів локалізації несправностей.
3. Виконати розрахунок технічних параметрів обладнання для випробування кабелів 10 кВ (трансформатора та автоматів захисту).
4. Розробити алгоритм пошуку місць пошкоджень та дослідити методи випробування кабельних ліній.
5. Обґрунтувати вибір засобів електрохімічного захисту (електродренаж, катодні станції) та розглянути принципи їх автоматизації з використанням вольтододаючих пристроїв та статичних перетворювачів.
6. Опрацювати питання охорони праці та техніки безпеки при роботі з високовольтним діагностичним обладнанням.

Об'єкт дослідження: процес діагностики та захисту підземних металевих споруд (кабельних ліній) від впливу блукаючих струмів.

Предмет дослідження: методи, апаратне забезпечення та системи автоматизованого електрохімічного захисту комунікацій від корозійного руйнування.

Практичне значення одержаних результатів: застосування розглянутих у роботі апаратних комплексів діагностики та впровадження автоматизованих систем катодного й дренажного захисту дозволить ефективно підтримувати задані захисні потенціали на підземних спорудах, що суттєво зменшить аварійність мереж, подовжить їх експлуатаційний ресурс і знизить економічні втрати на ремонтні роботи.

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ ВІД ВПЛИВУ БЛУКАЮЧИХ СТРУМІВ

1.1 Загальні характеристики кабельних ліній

Кабельні вироби призначені для передачі електричної енергії або інформації на відстані, тобто для створення найбільш різноманітних електричних, електронних, радіотехнічних та волоконно-оптичних схем та ланцюгів. Жоден сучасний технічний пристрій, робота якого пов'язана з використанням електричних та електронних схем не може працювати без кабелів та дротів, які утворюють системи електрозабезпечення, інформатики та управління роботою цього пристрою.

Велика різноманітність кабельних виробів визначається не тільки різноманітністю того, що передається по ним, але й тим, де вони працюють (тобто умови їх експлуатації). Вони можуть працювати у космосі, під землею, під водою, при дуже високих (до $+200^{\circ}\text{C}$ та вище) та дуже низьких температурах оточуючого середовища, в умовах глибокого вакууму та під тиском в десятки та сотні атмосфер, в різних агресивних хімічних середовищах та при наявності проникаючого випромінювання, а також при дії різноманітних розтягуючих, стискуючих, розчавлюючих, скручуючих, вібраційних механічних навантажень. При цьому енергія або інформація повинні передаватися адресату без втрат та спотворень.

Характерною властивістю кабельних виробів є те, що вони довгомірні, що в свою чергу обумовлює наступні їх специфічні особливості:

- 1) для виробництва цих виробів потрібна велика кількість матеріалів;
- 2) в процесі виготовлення різні елементи конструкції можуть накладатися у внутрішні елементи при неперервному русі виробу через вузли кабельного обладнання;
- 3) необхідність обліку закономірностей розповсюдження енергії або інформації по довгим електричним ланцюгам (втрати, зустрічні потоки, спотворення);
- 4) вимагання особливої гнучкості обладнання необхідної як при їх прокладці

або експлуатації, так і при намотці на барабани (катушки), що використовуються для транспортування.

Класифікація кабельних виробів

В залежності від конструктивних особливостей кабельну продукцію поділяють на три види – дроти, шнури, кабелі.

Дріт – це кабельний виріб, що містить одну неізольовану жилу або одну і більше ізольованих жил, поверх яких в залежності від умов прокладки та експлуатації можуть бути накладені легкі неметалічні оболонки та захисні покриття.

Окремо можна виділити неізольовані дроти, котрі відрізняються від іншої кабельної продукції конструкцією, способом прокладки та експлуатації.

Неізольовані дроти складаються із однієї неізольованої жили, яка виконана із однієї або кількох дротів, сполучених між собою та застосовуються для повітряних ліній передач. Ізоляцією в даному випадку слугує повітря та опірні ізолятори, до яких приєднується дріт.

Шнур це дріт з особливо гнучкими жилами. За призначенням та конструкцією шнури близькі до ізольованих дротів, і як правило, складаються із декількох сполучених ізольованих жил, переріз котрих повинно бути не більше $1,5 \text{ мм}^2$. Шнури мають загальний захисний покрив у вигляді обплетення або гнучкого шлангу.

Кабель – це виріб, який складається із однієї або декількох ізольованих струмопровідних жил, які заключні в металічну або неметалічну оболонку, яку в свою чергу часто покривають захисними покриттями. В залежності від області застосування, а також від основних характеристик, кабельні вироби можна поділити на три групи: кабелі, дроти та шнури для силових електричних ланок; кабелі, дроти та шнури зв'язку; обмотувальні дроти для виробництва обмоток електричних машин та приладів.

Прийнята в кабельній техніці класифікація та маркування кабельних виробів, крім того, враховує матеріали, які використовуються для жил, ізоляції, оболонок, різних захисних покриттів, а також призначення та головні параметри виробу, які найбільш повно характеризують його технічні та експлуатаційні властивості.

В якості головних параметрів слід вибрати характеристики виробу, які

зберігаються при конструктивних модифікаціях, удосконаленні виробу і не змінюються при заміні матеріалів та створенні нової технології виробництва.

Вироби можуть характеризуватися не одним, а декількома головними параметрами, котрі не повинні бути пов'язані між собою фізичними законами. Поряд із головними параметрами в стандартах вказують параметри, які відображають інші властивості виробу. Головним параметром більшості кабельних виробів є геометричні розміри струмопровідної жили.

Силові кабелі

Силові кабелі слугують для передачі і розподілу електричної енергії. Контрольні кабелі в мережах до 500 В змінного або 1000 В постійного струму призначені для роботи пристроїв автоматики, телекомунікацій, сигналізації, захисту, вимірів та управління. В залежності від числа струмопровідних жил силові кабелі можуть бути одно-, двох-, трьох- та чотирьохжильні.

Для забезпечення необхідної якості, економічності та однотипності кабельних виробів їх виготовляють по технічним умовам, згідно з державним стандартом.

Одножильні кабелі вимовляються під напругою від 1 до 220 кВ змінного струму. Кабелі перерізом більше 240 мм² виконуються тільки одножильними. Одножильні кабелі з однією або двома контрольними жилами виготовляються під напругою 1 кВ для електрифікованого залізничного транспорту.

Двохжильні кабелі частіше використовують для передачі електроенергії на постійному струмі.

У зв'язку з широким використанням змінного трьохфазного струму більше всього розповсюджено трьохжильні та чотирьохжильні кабелі.

1) Контрольні кабелі виготовляються багатожильними. Силові та контрольні кабелі виконують з паперової або гумової теплостійкої ізоляції. Переважно розповсюдження в міських електричних мережах отримали силові кабелі з паперовою ізоляцією просоченою кабельною масою. Силові кабелі з паперовою ізоляцією з напругою до 10 кВ в залежності від просоченого складу можуть бути поділені наступним чином:

- 2) кабелі з в'язкою олійно-каніфольним просоченням;
- 3) кабелі із збіднено просоченою ізоляцією;
- 4) кабелі із не стікаючим просоченням.

Перший та третій типи виконуються з напругою як до 10 кВ так і до 35 кВ, але вони мають різні конструкції. У другому випадку кабелі проходять менш благополучний розподіл напруженості електричного поля ніж в кабелях з окремо освинцьованими жилами. Внаслідок цього кабелі з окремо освинцьованими жилами більш надійні. Третій вид кабелю значно дешевий в порівнянні з іншими, проте їх використовують тільки при напрузі до 10 кВ.

Конструктивні елементи кабельних виробів

Конструктивними елементами кабелів та дротів є струмопровідна жила – ізоляція, оболонка та захисні покриття.

Жилою в кабелі називають одну або декілька сполучених дротів, заключених в ізолюючу оболонку.

Струмопровідна жила

Струмопровідна жила є обов'язковим елементом кабельного виробу, і як правило виконується з великою електропровідністю (алюміній, мідь, срібло та їх сплави). Жила призначена для проходження електричного струму при передачі електроенергії або сигналів зв'язку.

У зв'язку з великими запасами алюмінію, його меншій вартості та меншою вагою кабелів з алюмінієвими жилами, струмопровідні жили переважно виготовляються саме із алюмінію. Суттєвим недоліком алюмінію є його схильність до корозії. На відкритому повітрі алюміній швидко покривається тонкою плівкою оксиду з високим електричним опором та високою температурою плавлення. Оксидна плівка значно ускладнює виконання з'єднань та окінцювань жил кабелю. Розміри жили вибирають в залежності від струму, що в ній має проходити, втрат електроенергії, а в деяких випадках від допустимого падіння напруги вздовж кабелю або дроту, ємності та інших характеристик. Для гнучкості струмопровідної жили використовують велику кількість скручених разом дротів.

Переріз жили повинен бути вибраний із умов неперервної роботи кабелю при номінальному навантаженні. Переріз струмопровідної жили може бути круглим, сегментним та секторним. Одножильні та трьохжильні кабелі з окремо освинцьованими жилами всіх перерізів, а також багатожильні з поясною ізоляцією та перерізом до 16 мм² включно виготовляються із струмопровідної жили круглої

форми. Багатожильні кабелі з поясною ізоляцією при перерізі жил 25 мм^2 і більше виконуються з жилами секторної або сегментної форми.

Для забезпечення додаткової гнучкості однодротових струмопровідних жил їх максимальні перерізи формують для міді 16 мм^2 , а для алюмінію 120 мм^2 .

Для того щоб в багатодротовій жилі окремі дроти щільно прилягали один до одного та утримувалися, а також щоб забезпечити гнучкість кабелю, жилу скручують. При цьому чим менше буде скручування, тим більш гнучким буде кабель. Кожний дріт на протязі одного витка (кроку) робить один повний оберт.

Скручування може бути «лівим» якщо крок повиву дроту направлений від правої руки до лівої, та «правим» якщо крок повиву дроту направлений від лівої руки до правої. Для зменшення діаметру кабелю та економії матеріалів, багатодротові жили ущільнюють.

В ущільнених жилах значно зменшується можливість переміщення просоченого складу, що дуже важливо для вертикальної прокладки кабелів. Струмопровідна жила не повинна мати задирок, ріжучих кромek, випинань та обривів окремих дротів, які можуть пошкодити паперову ізоляцію.

Ізоляція

Ізоляція призначена для створення електрично міцного діелектричного проміжку між струмопровідними жилами та між жилами та іншими заземленими елементами. Крім того дуже часто ізоляція повинна володіти великою геометричною стабільністю розмірів, що важливо для кабелів зв'язку, особливо радіочастотних. Матеріал, товщина та форма ізоляції визначають максимальне значення робочого навантаження даного кабельного виробу.

Ізоляція виконується із матеріалів, що є хорошими діелектриками, тобто погано проводять електричний струм. Для кабельних виробів такими матеріалами є пластмаса, гума, волокнисті матеріали, не просочений та просочений папір. Матеріали та товщина ізоляції визначаються призначенням кабелів або дротів та їх конструкціями. Для силових кабелів товщина ізоляції сягає 20-22 мм та залежить від навантаження при якому працює кабель, та електричної міцності ізоляційних матеріалів. В деяких випадках товщину ізоляції вибирають виходячи із механічної міцності ізоляційного шару.

Оболонка

Оболонка призначена для захисту ізоляції кабелю від впливу оточуючого середовища (пилу, вологи) та легких механічних пошкоджень. Їх виготовляють зі свинцю, алюмінію, пластмас, гуми.

Якщо ізоляція виконана із легко зволоженого матеріалу (паперу), то оболонку виготовляють із металу (алюміній, свинець, сталь). В кабелях з пластмасовою або гумовою ізоляцією, що мало змінюють свої властивості при зволоженні застосовують оболонку зі сталевого полівінілхлоридного пластикат, гуми або поліетилену. В деяких кабелях зв'язку металічна оболонка служить захистом від зовнішніх електромагнітних впливів.

Переваги використання свинцю:

- 1) повна волога непроникність;
- 2) достатня гнучкість;
- 3) можливість накладання на кабелі при невеликій температурі;
- 4) відносно стійкий до хімічного впливу речовин.

Недоліки свинцю:

- 1) висока вартість;
- 2) нестійкість проти електрохімічної корозії;
- 3) мала стійкість проти вібрацій;
- 4) велика вага.

Переваги алюмінію:

- 1) велика механічна стійкість;
- 2) легка вага;
- 3) стійкий до вібрацій.
- 4) Недоліки алюмінію:
- 5) слабка стійкість проти корозії.

На металічних захисних оболонках не допускається подряпини, вм'ятини, оскільки після їх шліфування товщина оболонки кабелю буде менша за мінімально допустиму.

Для виготовлення гумових оболонок використовують гуму РШН, а поліхлорвінілових - шланговий пластикат. Особливістю гуми РШН є її маслобензостійкість та підвищений опір горінню. Поліхлорвініловий шланговий

пластикат визначається високою механічною стійкістю, вібростійкістю, морозостійкістю та не горить.

На поверхні гумової та поліхлорвінілової оболонки не повинно бути вм'ятин та потовщень, а також пухирців та тріщин.

Захисний покрив

Захисний покрив зазвичай складається із вологої захисної оболонки та зовнішніх захисних покривів, призначених для захисту всіх елементів кабелю від механічних, кліматичних та хімічних впливів. Зовнішній захисний покрив накладають послідовно концентрованими шарами поверх оболонки кабелю, для того аби захистити її від механічних пошкоджень та корозії.

Тип захисного покриття вибирають в залежності від середовища для якого призначений кабель. Захисний покрив складається із трьох основних елементів: подушки під броню, броні та зовнішнього захисного шару поверх броні.

Подушка захищає оболонку від пошкоджень сталевими стрічками або дротами броні у процесі їх накладання або прокладки та експлуатації кабелів. Подушка під броню виробляється в залежності від агресивності середовища у відношенні корозії металічних оболонок. Броня накладена у вигляді двох сталевих стрічок оберігає кабель від легких механічних ушкоджень при його транспортуванні, прокладанні та ремонті. Якщо за умовами експлуатації кабель піддається розтягуючим зусиллям або великому механічному впливу (прокладка на дні річок, озер, морів), то броня накладається у вигляді одного, рідше двох повивів із круглих або плоских сталевих оцинкованих дротів. Зовнішній захисний шар поверх броні призначений для захисту броні від корозії та складається із шарів бітумного або іншого в'язкого підклеюючого складу та кабельної пряжки поверх якої накладається бітумна суміш. Для забезпечення більшої вогнестійкості замість бітумної суміші та кабельної пряжки застосовують спеціальну негорючу суміш та скляну пряжку. Для підвищення корозійної стійкості броні та металічної оболонки зовнішньому покриві використовують стрічки із синтетичних матеріалів, поверх яких накладається поліетиленовий або полівінілхлоридний захисний шланг.

1.2 Кабельні лінії 0,6 кВ та 10 кВ. Застосування в електротранспорті

Загальні відомості про електротранспорт

Електротранспорт широко застосовується у сучасному світі. В залежності від призначення він поділяється на магістральний, міський та промисловий.

Магістральний – це переважно залізничний транспорт, який здійснює перевезення вантажів та пасажирів на далекі відстані. Електричні залізні дороги використовуються також для пасажирських перевезень на невеликі відстані. На залізничних дорогах використовуються електровози, тобто локомотиви, в яких встановлено електричні двигуни, що отримують електричну енергію від контактної мережі та передають крутний момент на тягові вісі. На залізних дорогах також використовують тепловози – локомотиви, в яких в якості джерела електричної енергії використовують дизельні генератори. Також використовують електропоїзда та дизель-поїзда, в яких тягові електричні двигуни та інше електрообладнання встановлені безпосередньо на вагонах.

Електропоїзд отримує енергію безпосередньо від контактної мережі, а дизель-поїзд від дизель-генератора, встановленого на вагонах.

Промисловий електричний транспорт здійснює перевезення різноманітних вантажів по території виробничих підприємств. Цей транспорт досить різноманітний, а його особливості залежать від виду виробництва, де він застосовується.

Міський електротранспорт слугує для перевезення пасажирів у містах на відносно невеликі відстані. Найбільш розповсюдженим видом електротранспорту є трамвай та тролейбус. У великих містах, де необхідне перевезення великої кількості пасажирів, передбачено метрополітен, тобто підземні електрифіковані залізні дороги.

У містах можуть застосовуватись електробуси (автобуси з дизельним двигуном, в яких використовується електропередача) та електромобілі (в якості двигуна яких застосовується електричний двигун, що отримує живлення від акумуляторної батареї).

Електричний транспорт може бути виконаний автономно, в цьому випадку джерело енергії встановлюється безпосередньо на рухомому складі. В якості прикладу можна назвати електробуси, електромобілі, тепловози. Основною

перевагою автономного транспорту є те, що він не потребує контактної мережі. Недоліком є велика вага джерел живлення та їх обмежена потужність. Це знижує ефективність автономного транспорту, оскільки у нього обмежена або потужність, яка визначає перевізну здатність або радіус дії.

На відміну від автономного електротранспорту контактний транспорт, що отримує електроенергію від контактної мережі позбавлений цих недоліків, але він не може працювати там, де відсутня контактна мережа. В цьому плані, здавалося б, найбільш вдалим показником повинен мати комбінований транспорт, який може отримувати живлення як від контактної мережі так і від автономного джерела електричної енергії, встановленого на рухомому складі. Однак обладнання такого рухомого складу характеризується великою вагою та складністю конструкції, саме тому він не отримав широкого розповсюдження у міському транспорті.

Електротранспорт може бути рейковим та нерейковим. Останній більш маневрений, але потребує наявності доріг з якісним покриттям та витрачає більше енергії. В умовах міста доцільно застосовувати рейковий транспорт для швидкісного трамваю або метрополітену, оскільки в цьому випадку рейковий шлях не займає проїзну частину вулиці і не обмежує рух автомобільного транспорту.

Використання електротранспорту є найбільш доцільним в умовах міста, оскільки він майже не забруднює навколишнє середовище та забезпечує перевезення великої кількості пасажирів з відносно високою швидкістю руху на відносно далекі відстані.

Схематично можна зобразити класифікацію електротранспорту наступним чином:

а) класифікація електротранспорту за призначенням; б) класифікація електротранспорту за конструктивним виконанням; в) класифікація електротранспорту за системою струму, що застосовується в електричній тязі; г) класифікація міського електротранспорту



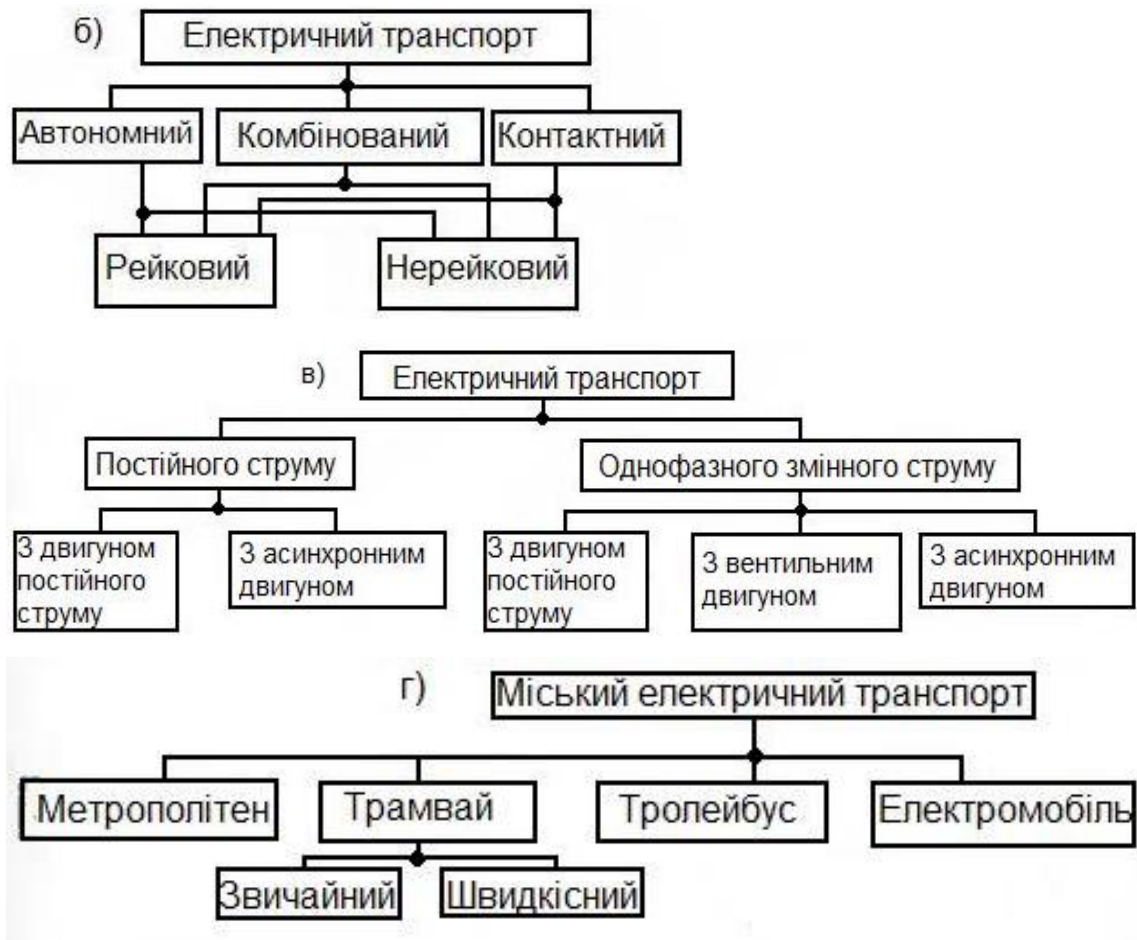


Рисунок 1.1 Класифікація електротранспорту

Кабельні лінії 0,6 кВ та 10 кВ

Напруга 0,6 кВ постійного струму використовується у тягових мережах трамвая, тролейбуса. Тягові мережі промислового транспорту виконуються на напрузі 0,6 кВ, 1,5 кВ, 3 кВ постійного струму. Напруга 10 кВ використовується в міських промислових та сільськогосподарських розподільних мережах.

Тягова підстанція – електрична підстанція, призначена для живлення транспортних засобів на електричній тязі через контактну мережу. Від тягової підстанції отримують живлення також і інші споживачі.

Електрична підстанція – електроустановка та сукупність електричних пристроїв для перетворення електричної енергії по напрузі роду струму чи частоті та розподілу її між споживачами.

Електроустановка – установка, в якій виробляється, перетворюється, передається, розподіляється або споживається електроенергія. Розраховані електроустановки напругою до 1 кВ та вище.

1.3 Причини та види пошкоджень високовольтних кабельних ліній

У зв'язку з пошкодженням високовольтних кабельних ліній необхідно швидко реагувати та приймати рішення щодо вибору методу вирішення проблеми. Вибір методу для визначення місця пошкодження залежить від характеру аварії, причин її виникнення та ступеню підготовки інженера.

Тому для швидкого та точного визначення місця пошкодження необхідні спеціальні знання інженера та наявність високоякісного та точного обладнання в його розпорядженні.

Причини пошкоджень високовольтних кабельних ліній

Кабельна лінія може змінювати свої параметри у часі внаслідок втручання в її структуру багатьох причин. Як наслідок виникають пошкодження. Які ж є причини пошкодження кабельних ліній? Джерелами пошкодження кабелю є внутрішні та зовнішні чинники – руйнування ізоляції, руйнування діелектрика та пошкодження внутрішніх жил.

Основні причини пошкодження:

1) механічні пошкодження, які були нанесені при прокладці чи наступних ремонтних роботах, що виконуються у зоні прокладання кабелю;

2) тріщини;

3) деформація оболонки під дією вібрацій;

4) корозія;

5) руйнування кабелів блукаючими струмами електрифікованого транспорту.

При експлуатації кабельних ліній є недоліки, які призводять до їх пошкодження. До недоліків, які знижують надійність кабелів відносяться:

1) осушення ізоляції через переміщення чи стікання просоченої суміші;

2) електричне старіння ізоляції;

3) висихання ізоляції кабелів.

Види пошкоджень високовольтних кабельних ліній

Пошкодження високовольтних кабельних ліній за їх характеристикою можна поділити на наступні види:

1) пошкодження ізоляції, що викликає замикання двох або трьох фаз на землю;

2) пошкодження ізоляції, що викликає замикання двох або трьох фаз на землю, або двох чи трьох фаз між собою;

3) обрив однієї, двох або трьох фаз без заземлення або із заземленням, як обірваних так і не обірваних жил;

4) запливаючий пробій ізоляції;

5) пошкодження ліній одночасно в двох або більше місцях, кожне з яких може відноситися до однієї із вищевказаних груп.

Найбільш розповсюдженим видом пошкодження кабельних ліній є пошкодження ізоляції між жилою та металевою оболонкою кабелю, його корпусом, муфтою, тобто однорідне пошкодження.

При пошкодженні кабельних ліній під час роботи або профілактичних заходів високою напругою перш за все необхідно визначити характер пошкодження. В більшості випадків для цього буває достатньо за допомогою приладу мегаомметра визначити з обох боків ліній наступне:

- 1) опір ізоляції кожної струмопровідної жили по відношенню до землі;
- 2) опір ізоляції між кожною парою струмопровідної жили;
- 3) цілісність струмопровідних жил.

Якщо мегаомметром не вдається визначити характер пошкодження ізоляції, то його визначають поступовими випробовуваннями ізоляції струмопровідних жил по відношенню одна до одної та до металевої оболонки кабелю високим опором постійного струму від випробувальної установки.

Після того як проведені всі необхідні виміри та виявлено характер пошкодження кабельних ліній, приступають до знаходження місця пошкодження.

При пошкодженні кабельних ліній важливо швидко та точно визначити місце пошкодження та провести необхідний ремонт ліній. При пошкодженнях кабельних ліній важливо вибрати найбільш правильний для даних умов метод визначення місця пошкодження і забезпечити більшу точність необхідних вимірів.

Майже у всіх випадках попередньо визначають зону пошкодження кабельних ліній, після цього різними методами вимірювань уточнюють місце пошкодження на трасі.

Для визначення зони пошкодження ліній використовуються наступні основні методи:

- 1) імпульсний;
- 2) метод коливального розряду;

- 3) метод петлі;
- 4) ємнісний метод.

Для уточнення місця пошкодження на трасі лінії рекомендується застосовувати наступні основні методи:

- 1) акустичний;
- 2) індукційний;
- 3) метод накладної рамки.

Імпульсний метод

Імпульсним методом за допомогою пристрою ІВКЛ (імпульсний вимірювач кабельних ліній) визначає характер пошкоджень кабельних ліній та визначає відстань до місця пошкодження, яке має вигляд обриву (однофазного, двофазного або трьохфазного короткого замикання).

Імпульсний метод заснований на вимірюванні часу пробігу короткого імпульсу, що відправляється у лінію від місця виміру до місця пошкодження і назад.

Від місця обриву або від кінця лінії імпульс відображається з тим же знаком, від місця короткого замикання – із зворотним знаком.

На екрані електронно – променевої трубки приладу ІВКЛ – 4 нанесені лінії імпульсу та лінії масштабних відміток часу, які розташовані через 2 мкс.

Більш універсальний прилад імпульсний випробувач ліній (ІВЛ-1), за допомогою якого можна визначати характер пошкодження і відстань до місця пошкодження як в кабельних так і у повітряних лініях. Похибка у вимірюванні цим методом складає 1%.

Метод коливального розряду

Цим методом визначають зону пошкодження кабельних ліній при запливаючих пробоях. Вимірювання проводяться приладом ЕМСК – 58 (електромікросекундомер).

Прилад приєднують до випробовуючої жили кабелю через дільник напруги.

Зарядний опір повинен бути розрахований на 1-10 ком, 50-100 ма та витримувати імпульсну випробувальну напругу 50 кВ. Кінці жил кабелю, що випробовується та ланцюг високої напруги дільника необхідно добре ізолювати від землі. Жила кабелю заряджається від кенотронної установки або іншого

випрямляча. Напругу заряду плавно піднімають до напруги пробою, але не вище норми максимального значення випробувальної напруги, що допускається для даної кабельної лінії. Установка високої напруги повинна створювати на жилі кабелю заряд від'ємного по відношенню до землі потенціалу, тільки за цієї умови прилад виконує вимірювання. При пробі в кабелі виникає розряд коливального характеру, період коливань T цього розряду відповідає часу чотирьохкратного пробігу хвилі до місця пошкодження.

Таким чином відстань до місця пошкодження може бути визначено шляхом виміру тривалості першого півперіоду коливань, що виникають при пробі ізоляції кабелю, що заряджається від електронної установки.

Відстань відраховують за шкалою приладу, градуованої в кілометрах. Градування розраховано на 4 межі: 0-1; 0-2; 0-5; 0-10 км.

Якщо приладом ЕМСК – 58 визначають місце пошкодження при пробі ізоляції між жилами, то жила на яку подається напруга повинна бути ізольована від землі, а дві інші жили кабелю – заземлені через опір більше 1000 Ом.

Похибка приладу не перевищує +5% максимального значення шкали, на якій проводиться вимірювання. Оскільки даним методом визначають зону пошкодження вказана похибка в практичних умовах вимірювання не викликає ускладнень оскільки в подальшому місце пошкодження уточнюють на трасі лінії акустичним методом.

Якщо в зоні пошкодження наявності муфта, то при запливаючому характері пробі місце пошкодження на трасі уточнюють за допомогою випробувального креслення лінії, тому що частіше всього.

Запливаючий пробій виникає в муфтах.

Метод петлі

Даний метод застосовується для визначення зони пошкодження кабельних ліній в тому випадку якщо жили кабелю не обірвані та одна із жил має добру ізоляцію.

Цей метод використовується за відсутності приладу ІВКЛ – 1 або якщо нема можливості знизити перехідний опір у місці пошкодження до величини порядку 100-200 Ом.

При визначення місця пошкодження кабельних ліній методом петлі «здорову» та пошкоджену жили з'єднують на одному кінці лінії перемичкою перерізом не менше перерізу жили кабелю. Схема живиться від акумуляторів. Напруга батареї акумулятора вибирається в залежності від величини опору в місці пошкодження кабелю. При великих перехідних опорах в місці пошкодження необхідно застосовувати сухі батареї БАС-60 і БАС-80. Гальванометр приєднують безпосередньо на кінці жил кабелю.

Вимірювання необхідно проводити двічі, приєднуючи кінці жил кабелю до мосту. Якщо сума отриманих значень відстані до місця пошкодження значно відрізняється від подвійної довжини кабельної лінії, то вимірювання проведено неправильно і його необхідно повторити, перевіривши надійність контактів у з'єднуючих схемах.

Треба мати на увазі, що на результати вимірювання сильно впливають опори перемикачів між жилами кабелю і перехідні опори контактів, які повинні бути виконані досить ретельно. Щоб визначити пошкодження кабельної лінії безпосередньо на місці необхідно точно знати довжину траси лінії, в іншому випадку може бути допущена похибка.

Ємнісний метод

Цей метод слугує для визначення місця пошкодження при обривах жил кабелю. На практиці застосування ємнісного методу зустрічається у наступних 3 принципових випадках:

1) при обриві однієї жили кабелю вимірювань ємність C_1 обірваної жили з одного кінця, а далі C_2 цієї ж жили з іншого кінця. Довжину кабельної лінії ділять пропорційно отриманим ємностям, визначаючи відстань до місця пошкодження.

2) якщо один кінець обірваної жили кабелю має глухе заземлення, то вимірюють ємність C_1 другого, незаземленого кінця обірваної жили та ємність C цілої жили.

3) при обриві двох жил.

При уточненні місця пошкодження ємнісним методом на трасі лінії необхідно враховувати, що обрив жил кабелю виникає у більшості випадків у муфтах. Ємність можна вимірювати як на постійному так і на змінному струмі.

Найбільшого застосування знаходять мости змінного струму з живленням ввід лампового генератора 1000 Гц, 10-20 ВА з вимірювачем у вигляді телефону. Мости постійного струму для визначення ємності використовуються лише при чистому обриві жил кабелю, мости змінного струму – коли необхідний опір складає 500 Ом і вище.

Акустичний метод

Даний метод застосовується для визначення будь-якого пошкодження кабельної лінії безпосередньо на трасі за умови, що у пошкодженному місці може бути штучно створено електричний розряд, що прослуховується з поверхні землі або води.

Для визначення місця пошкодження в муфтах при запливаючих пробоях. В цих випадках в місці пошкодження завжди виникає між жилою та свинцевою оболонкою достатньо потужний іскровий розряд, який може бути прослуханий з поверхні землі.

Для визначення місця пошкодження в кабельних лініях у випадках коли в місці пошкодження встановилося стійке замикання між однією із жил зі свинцевою оболонкою кабелю.

Чутність звуку іскрового розряду з поверхні землі в значній мірі залежить від глибини залягання кабелю та стану ґрунту. При глибині кабелю більше 2 м у більшості випадків існуючими приймачами звуку визначити місце пошкодження неможливо. У зимових умовах, коли ґрунт мерзлий чутність звуку іскрового розряду значно краще. В болотних та торф'яних ґрунтах чутність значно гірша.

При пошкодженнях ліній безпосередньо в кабелі, коли довжина каналу іскрового розряду дуже невелика, сила звуку найменша. В цьому випадку зона чутності від місця пошкодження не перевищує 1-2 м.

Якщо в місці пробою кабелю окрім пошкодження ізоляції пошкоджена також свинцева оболонка, то сила звуку іскрового розряду виходить великою, а в цьому випадку зона чутності від місця пошкодження при нормальній глибині залягання кабелю досягає 5 м.

Застосовувати акустичний метод на відкрито прокладених кабелях не рекомендується, оскільки через добре розповсюдження звукових коливань по

металічним оболонкам кабелю можна допустити велику помилку у визначенні місця пошкодження.

При використанні акустичного методу дотримуються такої послідовності виконання окремих операцій по визначенню місця пошкодження кабельних ліній. Попередньо в залежності від характеру пошкодження, методом коливального розряду, імпульсним або методом петлі визначають зону пошкодження. Оператор зі звукоприймачем відправляється в зону пошкодження, при цьому на пошкоджену жилу кабельної лінії подаються імпульси з періодичністю порядку 1 імпульс/с. Йдучи по трасі в зоні пошкодження оператор ставить звукоприймач на землю та в телефон прослуховує розряди. Якщо розряди не прослуховуються, то оператор переносить звукоприймач на 1-2 м по трасі лінії і так далі.

Над місцем пошкодження кабельної лінії чутність іскрових розрядів найвища. Для акустичного методу потрібен генератор імпульсів та прилад АІП-3М. генератор імпульсів складається зі звичайної кенотронної установки в схему якого додають розрядний проміжок і конденсатори високої напруги.

Прилад АІП-3М (акустичний та індукційний прилад), складається із п'єзоакустичного датчика, трьохлампового підсилювача з батарейним живленням, головного телефону та виносної індукційної рамки.

Індукційний метод

Метод застосовується тоді коли необхідно визначити місце пошкодження кабельної лінії безпосередньо на трасі при пробі ізоляції двох або всіх трьох жил кабелю, а також у випадку обриву жил з одночасним пробоем ізоляції між жилами або пробоем ізоляції жил на землю. Індукційний метод заснований на принципі прослуховування з поверхні землі за допомогою телефонних трубок звуку, що створюється магнітним полем в результаті протікання по жилам кабелю струму тональної частоти.

Оператор, забезпечений рамкою (антеною), підсилювачем та телефоном рухається по трасі кабельної лінії, визначаючи по звуку в телефоні її місцезнаходження і звіряючи його з виконавчими кресленнями.

Звук в телефоні буде чутно на ділянці траси де по кабелю протікає струм звукової частоти, тобто на ділянці від генератора до місця пошкодження. За місцем пошкодження струм по жилам кабелю не проходить й тому звук припиняється.

При цьому треба мати на увазі, що при русі вздовж траси кабельної лінії виникає періодична зміна чутності, що викликане скруткою жил кабелю. Чим більше крок скрутки тим чутність краща, тому кабелі великих перерізів, що мають великий крок скрутки, прослуховуються краще, ніж кабелі малих перерізів.

Величина зовнішнього магнітного поля струмів, що протікають по жилам кабелю з кроком скрутки менше 2м дуже незначна, тому прослуховувати такі кабелі з поверхні землі дуже складно, навіть з допомогою хороших підсилювачів. Також складно прослуховувати кабелі, глибина прокладки яких перевищує 1,5м.

При використанні індукційного методу для уточнення місця пошкодження рекомендується увімкнути генератор з іншого кінця кабельної лінії і повторно визначити місця пошкодження.

Під час руху оператора по трасі звук в телефоні може підсилюватися або послаблюватися, а при поворотах та поглибленнях і зовсім зникати. Там, де звук зникає необхідно провести перевірку методом обходу місця по концентричним колам, починаючи з радіусу 1-2 м і більше.

Використовуючи індукційний метод місце пошкодження для кабельних ліній, прокладених на нормальній глибині може бути знайдено достатньо точно при величині струму 15 А і при частоті 800-1200 кГц.

Індукційним методом окрім визначення місця пошкодження кабельної лінії можна визначити:

- 1) трасу кабельної лінії;
- 2) глибину закладання кабелю;
- 3) місце розташування з'єднувальних муфт на кабельній лінії.

Метод накладної рамки

Метод накладної рамки використовують для визначення місця пошкодження кабельної лінії при металічному замиканні однієї жили на оболонку і при замиканні двох жил кабелю між собою, тобто коли неможливо створити іскровий розряд у місці пошкодження та застосувати акустичний метод.

Особливо цей метод зручний при відкритому способі прокладки кабелю або при уточненні місця пошкодження у межах розритої траншеї. На закритій трасі для вимірювання цим методом необхідно відривати шурфи на кордонах передбачуваної зони пошкодження кабелю. Після визначення ділянки між

шурфами де є пошкодження, подальшим шурфуванням можна точно знайти місце пошкодження в кабелі.

При визначенні місця пошкодження вказаним методом до пошкодженої жили кабелю підключають генератор звукової частоти (800-1500 Гц) та встановлюють струм 1-5 А через місце замикання в оболонку.

На виявлену в шурфах оболонку кабелю накладають накладну рамку з приєднаним до неї головним телефоном і при повороті рамки навколо осі кабелю прослуховуванням визначають характер зміни звуку від електромагнітного поля.

Рамка побудована таким чином, що витки її зібрані у щільний джгут, вигнутий по периметру обійми рамки, виконаної із заліза товщиною 3-4 мм; ЕРС наводиться в витках на обох сторонах рамки та результуюча ЕРС змінюється при повороті рамки.

Для використання даного методу визначення місця пошкодження потребується: накладна рамка, підсилювач, телефонні трубки.

Для того аби зменшити вплив перешкод від посторонніх полів, рамку екранують зверху сталевим кожухом, а знизу захищають від механічних пошкоджень латунним листом. З телефоном рамку з'єднують екранованим проводом.

За допомогою накладної рамки можна визначити також відключений для ремонту кабель, який прокладений в одній траншеї з іншими кабелями, що заходяться під напругою.

При накладанні рамки на відключений кабель звук в телефоні не чути, тоді коли при накладанні рамки на кабель, що знаходиться під напругою, в телефоні прослуховується характерний звук струму промислової частоти.

Відключений для ремонту кабель може бути також визначений за допомогою вимірювальних кліщів з амперметром достатньої чутливості. В цьому випадку на одну із жил кабелю, інший кінець якого заземлюють, подають від стороннього джерела імпульсу струму з визначеною періодичністю. При обхваті вимірювальними кліщами цього кабелю стрілка амперметра буде відклонятися з тією ж умовною періодичністю.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто загальні характеристики кабельних ліній, особливості їх будови, специфіку застосування в мережах електротранспорту, а також основні причини та методи пошуку пошкоджень. Кабельні вироби є основою для передачі електричної енергії та інформаційних сигналів у найрізноманітніших умовах експлуатації. Надійність їх роботи забезпечується складною структурою, основними елементами якої є струмопровідні жили (переважно алюмінієві або мідні), ізоляційний шар, захисні оболонки (свинцеві, алюмінієві, пластмасові) та зовнішні захисні покриття (подушки та броня).

Електричний транспорт, зокрема міський (трамваї, тролейбуси), є одним із ключових споживачів електроенергії, де для тягових мереж широко використовується напруга 0,6 кВ постійного струму, а для живлення міських та промислових розподільних мереж застосовуються кабельні лінії напругою 10 кВ. У процесі експлуатації такі лінії піддаються впливу як внутрішніх, так і зовнішніх чинників, що призводять до руйнування ізоляції або струмопровідних жил. До основних причин аварій належать механічні пошкодження при прокладанні чи ремонтних роботах, електричне старіння та висихання ізоляції, деформації від вібрацій, а також корозійне руйнування, спричинене дією «блукаючих струмів» від електрифікованого транспорту.

Для швидкого відновлення працездатності ліній критично важливо оперативно та точно визначати місця несправностей. Цей процес виконується у два етапи: спочатку визначається загальна зона пошкодження за допомогою імпульсного, ємнісного методів, методу петлі або коливального розряду, а потім проводиться точне уточнення місця пошкодження безпосередньо на трасі із застосуванням акустичного, індукційного методів або методу накладної рамки. Отже, розуміння конструктивних особливостей кабелів, умов їх експлуатації поблизу джерел «блукаючих струмів» та володіння сучасними методами діагностики є необхідним фундаментом для подальшого проектування ефективних автоматизованих систем захисту підземних комунікацій від корозії.

РОЗДІЛ 2 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ

2.1 Прилади для знаходження місця пошкодження кабельних ліній

Високовольтний цифровий рефлектометричний комплекс «ІСКРА-3М»

Прилад дозволяє:

- 1) виявити та визначити відстань до місця пошкодження або неоднорідності локаційним методом на симетричних і несиметричних кабелях;
- 2) виміряти довжину кабелів або відстань до місця обриву або короткого замикання;
- 3) запам'ятовувати, зберігати та обробляти результати вимірювань;
- 4) у складі пересувної електролабораторії визначати відстань до пошкодження в кабелях довжиною до 12 км (в деяких модифікаціях до 30 км) при всіх видах ушкоджень без використання попереднього повного пропалювання ізоляції.

Генератор акустичних ударних хвиль «ГАУХ»

ГАУХ призначений для знаходження місць пошкоджень кабельних ліній з перехідним опором $R \geq 500$ Ом акустичним методом спільно з приймачем П-806 і ПОШУК-2006М з акустичним датчиком.

Генератор звукової частоти «ГЗЧ-2500»

Генератор звукової частоти ГЗЧ-2500 призначений для пошуку місць пошкодження силових кабельних ліній електропостачання.

Генератор звукової частоти «ГК-100»

Генератор звукової частоти ГК-100 призначений для пошуку місць пошкодження ізоляції силового кабелю напругою 0,4-10 кВ індукційним методом з малим перехідним опором, а також для визначення їх траси.

Прилад для визначення місць замикань ПВМЗ-3

Призначений для:

- 1) визначення місць витоку струму на землю в повітряних ЛЕП напругою від 6 до 35;
- 2) визначення конкретного місця (опори) з витоком струму на землю;
- 3) простеження траси підземного кабелю будь-якої напруги та виявлення місця

замикання в кабелі при підключенні до нього звукового генератора частотою 550Гц.

Приймач для пошуку місць пошкоджень в силових кабелях «П-806»

Призначений для:

- 1) пошуку траси, місць пошкоджень міжфазної ізоляції і глибини залягання високовольтних силових кабелів індукційним методом;
- 2) пошуку місць пошкоджень високовольтних силових кабелів акустичним методом;
- 3) для виявлення місць витoku в ізоляції підземних кабелів електропостачання, що не мають металевої оболонки, потенційним методом за допомогою безконтактних потенційних датчиків;

- 4) для виявлення місць пошкоджень оболонки кабелю зі зшитого поліетилену.

Приймач для пошуку місць пошкоджень в силових кабелях «ПОШУК-2006М»

Приймач може бути використаний для:

- 1) визначення електроакустичним методом місць пошкоджень підземних силових кабелів при глухому однофазному замиканні жили кабелю на оболонку;
- 2) визначення електроакустичним методом місць пошкоджень підземних силових кабелів при іскровому пробіі жили кабелю на оболонку;
- 3) вирішення електроакустичним методом завдання вибору певного кабелю з пучка відкритих кабелів;
- 4) визначення місць поганого контакту оболонки з кабельною муфтою;
- 5) визначення траси кабелю і пошуку місць пошкоджень індукційним методом;

- 6) визначення глибини залягання кабелю;

- 7) виявлення місць пошкоджень оболонки кабелю із зшитого поліетилену.

Стенд високовольтний для запису дефектної ізоляції кабелю «СВП»

Стенд призначений для запису дефектної ізоляції кабелів з наступним їх дожигом.

Призначений для:

- 1) випробування ізоляції кабелів та ін. пристроїв і пристосувань постійною і змінною (50 Гц) високовольтною напругою;
- 2) прожигу дефектної ізоляції кабелів з наступним її дожигом;

- 3) визначення траси кабельних ліній;
- 4) топографічне визначення місць пошкодження кабельних ліній індукційним і акустичним методами;
- 5) визначення відстані до місця пошкодження кабелів напругою 0,4-10 кВ імпульсним безпрожоговим методом на високій і низькій напрузі.

Трасошукач і шукач пошкоджень для силових кабелів і кабелів зв'язку «СКОРПІОН Т03»

Призначені для:

- 1) виявлення траси прокладки силових кабелів і кабелів зв'язку;
- 2) виявлення траси прокладки струмопровідних трубопроводів (водогазопроводів, каналізації, теплотрас і ін.);
- 3) визначення глибини залягання кабелів і трубопроводів;
- 4) виявлення місця пошкодження силових кабелів і кабелів зв'язку індукційним методом;
- 5) виявлення місця пошкодження силових кабелів і кабелів зв'язку контактним методом.

Трубокабелешукач «ТКІІІ-03»

Призначений для пошуку і виявлення протяжних металевих підземних комунікацій. Прилад дає можливість перед виробництвом земляних робіт переконатися у відсутності трубопроводів або високовольтних кабелів, пошкодження яких може призвести до аварійних ситуацій і нещасних випадків.

2.2 Обладнання пересувних лабораторій

Є безліч видів кабельних лабораторій. В залежності від мети проведення робіт вибирають той тип, який більше всього підходить. Однак можна привести основний перелік обладнання, який буде знаходитися в лабораторії:

- 1) стійка основна - СО-1;
- 2) блок мережі;
- 3) блок управління електролабораторією;
- 4) рефлектометр високовольтний осцилографічний в комплекті з датчиками;
- 5) генератор звукової частоти ГЗЧ-2500;
- 6) приймач "П-900" в комплекті з датчиками;

- 7) блок високовольтних випробувань БВВ-60/50;
- 8) блок пропалювання БПР-25/90;
- 9) генератор акустики ГАУХ-32;
- 10) блок барабанів з проводом захисного заземлення і мережевим кабелем;
- 11) блок трьох барабанів з кабелями для випробування і пропалювання ізоляції - 30 м;
- 12) провід високовольтний для випробування змінною високою напругою;
- 13) сирена СС-1 + 1;
- 14) світильник сигнальний червоний 1;
- 15) комплект огорожень: штир ізоляційний - 4 шт; шнур ізоляційний - 20 м;
- 16) стійка ізоляційна;
- 17) блок обробки даних (БОД-5);
- 18) комплект засобів захисту;
- 19) паспорт на лабораторію;
- 20) інструкція з експлуатації;
- 21) гарантійний талон;
- 22) прилад для перевірки оболонки;
- 23) бензиновий генератор;
- 24) набір рацій;

2.3 Технічні можливості кабельних лабораторій

Мобільна лабораторія для дослідження кабельних ліній безперечно являється потужним інструментом роботи з електромережами. Дана лабораторія необхідна у випадках якісної діагностики кабельної мережі; якщо необхідно знешкодити пошкодження в кабельних лініях.

Використання мобільних кабельних лабораторій дозволяє проводити повноцінні випробування та діагностику високовольтних кабелів, а також апаратної ізоляції під станційного обладнання. Така лабораторія значно зменшить час діагностики як для виявлення так і для локалізації несправностей.

Пересувні електротехнічні лабораторії призначені для діагностики та випробувань трансформаторів, обладнання розподільних пристроїв та кабельних ліній низької та середньої напруги. Застосування мобільної лабораторії дозволяє

швидко та надійно проводити такі роботи. Використання лабораторії дозволить значно підвищити рівень безпеки об'єктів випробування.

Наявність пульта управління дозволяє здійснювати роботи в автоматичному, напівавтоматичному режимах та в комфортних умовах.

Використання високотехнологічних приладів дозволяє проводити діагностику, випробування, пошук будь-якої складності та з великою точністю у відповідності з існуючими нормами та правилами.

Нижче я приведу приклади кабельних лабораторій та їх можливості.

Мобільна кабельна лабораторія КАЕЛ – 3 (ЕТЛ – 10)

Лабораторія виконана у фургоні автомобіля (ГАЗ 3221, ГАЗ 2705, ГАЗ 3308, ГАЗ 3309, ГАЗ 3310, КАМаз, УАЗ, ЛАЗ, МАЗ, ЗИЛ, Ford Transit, Renault Master, Mercedes Benz і так далі) та призначена для:

- 1) випробування ізоляції кабелів, інших пристроїв та пристосувань постійною та змінною (50 Гц) високовольтною напругою;
- 2) пропалювання дефектної ізоляції кабелю з подальшим її допалюванням;
- 3) визначення траси кабельних ліній;
- 4) топографічного визначення місць пошкоджень кабельних ліній індукційним та акустичним методами;
- 5) визначення відстані до місця пошкодження високовольтної напруги (0,4 – 10 кВ) імпульсним безопалювальним методом на високій та низькій напрузі;
- 6) контроль опору вбудованим омметром;
- 7) різноманітні електричні вимірювання електричних мереж.
- 8) умови експлуатації:
- 9) діапазон температури навколишнього середовища – (-30°C до +40°C);
- 10) відносна вологість повітря при температурі +25C до 80%;
- 11) атмосферний тиск 650-800 мм рт. ст.;
- 12) на місці експлуатації не повинно бути парів агресивних рідин (кислот, лугів);
- 13) забороняється використання лабораторії у вибухонебезпечних умовах.

Технічні характеристики:

- 1) напруга мережі живлення однофазна із змінним струмом 220В±10% з частотою 50Гц±2;

- 2) струм не більше 80А;
- 3) можливе живлення від автоматичного генератора потужністю 5 кВт;
- 4) параметри кіловольтметра, що вимірює випрямлену та змінну напругу:
Границя виміру на випрямленій напрузі, кВ: - 35 та 70;
Границя виміру на змінній напрузі, кВ: 70;
Відносна похибка виміру: не більше 3%;
- 5) довжина з'єднувального кабелю мережі на барабані – 30м, тип кабелю – КГ - $3 \times 4 + 1 \times 2,5$;
- 6) довжина проведення захисного заземлення на барабані – 30 м, тип шнура – 8 GA - 1×10 ;
- 7) довжина високовольтного екранованого кабелю на 3 барабанах – по 30м, тип кабелю – ПВВЕ/60 - 1×4 , переріз екрану – 4 мм^2 ;
- 8) довжина високовольтного шнура для випробування змінною напруги – 30м, тип шнура – ПВВ- 1×4 ;
- 9) маса обладнання: не вище 500 кг;
- 10) обслуговуючий персонал: не менше 2 операторів.

Комплект лабораторії визначається за погодженням із замовником. Лабораторія монтується у фургоні автомобіля, де обладнується високовольтний відсік та відсік оператора, що розподілені між собою прозорою перегородкою. У високовольтному відсіку розміщуються високовольтні виводи установки, пропалюючий трансформатор, випробувальний трансформатор, кабельні барабани. Вихід кабелів до лабораторії здійснюється за допомогою спеціально обладнаного люку. Підключення кабелів до пропалюючої установки здійснюється шляхом трьохжильного високовольтного кабелю оснащеного спеціальними затискачами.

Мобільна кабельна лабораторія КАЕЛ – 5

Лабораторія монтується в фургоні автомобіля та призначена для визначення місць пошкоджень кабельних ліній всіх видів, а також для:

- 1) випробування ізоляції кабелів, інших пристроїв та пристосувань постійною та змінною (50 Гц) високовольтною напругою;
- 2) пропалювання дефектної ізоляції кабелю з подальшим її допалюванням;
- 3) визначення траси кабельних ліній;

4) топографічного визначення місць пошкоджень кабельних ліній індукційним та акустичним методами;

5) визначення відстані до місця пошкодження високовольтної напруги (0,4 – 10 кВ) імпульсним безопалювальним методом на високій та низькій напрузі;

6) визначення місця пошкодження високовольтних кабельних ліній типу «однофазне замикання»;

Основна задача даної лабораторії – не дати можливості оператору отримати пошкодження кабелю у вигляді «однофазного замикання жили на оболонку».

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – 35

Лабораторія монтується в фургоні автомобіля та призначена для:

1) випробування ізоляції кабелів, інших пристроїв та пристосувань постійною (до 60кВ) та синусоїдо змінною (до 100 кВ) високою напругою;

2) випробування електротехнічних об'єктів на низькій напрузі;

3) визначення ємності та тангенса кута діелектричних втрат електротехнічних об'єктів при напрузі до 10 кВ;

4) вимірювання параметрів силових трансформаторів;

5) проведення низьковольтних вимірювань параметрів силових трансформаторів комплектом електровимірювальних приладів або автоматичного вимірювача.

Технічні характеристики:

1) напруга мережі живлення однофазна із змінним струмом $220\text{В} \pm 10\%$ з частотою $50\text{Гц} \pm 2$;

2) струм не більше 80А;

3) можливе живлення від автоматичного генератора потужністю 5 кВт;

4) довжина з'єднувального кабелю мережі на барабані – 30м, тип кабелю – КГ - $3 \times 4 + 1 \times 2,5$;

5) довжина проведення захисного заземлення на барабані – 30 м, тип шнура – 8 GA - 1×10 ;

6) довжина проведення робочого заземлення на барабані – 30 м, тип шнура – 8 GA - 1×6 ;

7) довжина високовольтного шнура для випробування змінною напругою - 30 м, тип шнура – ПВВ - 1×4 ;

8) маса обладнання: не більше 400 кг;

9) обслуговуючий персонал: не менше 2 операторів.

Комплект лабораторії визначається замовником. Лабораторія монтується в фургоні автомобіля, де обладнується високовольтний відсіу і відсік оператора. У відсіку оператора розташовано вимірювальні прилади та органи управління установкою, щиток вводу та захисту електроживлення, рубильник з видимим розривом, пристрій індикації та сигналізації, стіл – тумба для зберігання електроприладів та приладдя, високовольтний міст, розетки для підключення приборів, пульт – планшет для підключення електровимірювальних кабелів, сидіння для 2 людей.

У високовольтному відсіку лабораторії розміщується:

1) блок барабанів із мережевим високовольтними та низьковольтними кабелями, двома барабанными заземленнями з мідним провідником перерізом 10 мм² зі спеціальними затискачами;

2) високовольтний випробувальний трансформатор;

3) зразковий конденсатор Р – 5023 або аналогічний.

Живлення лабораторії виконується завдяки трьохфазній мережі. Лабораторія обладнується світлозвуковими сигнальними пристроями та блокуванням двері високовольтного відсіку.

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – 35Т

Лабораторія монтується в фургоні автомобіля та призначена для:

1) випробування ізоляції кабелів, інших пристроїв та пристосувань постійною (до 60кВ) та синусоїдо змінною (до 100 кВ) високою напругою;

2) випробування електротехнічних об'єктів на низькій напрузі;

3) визначення ємності та тангенса кута діелектричних втрат електротехнічних об'єктів при напрузі до 10 кВ та при напрузі до 100 кВ;

4) вимірювання параметрів трансформаторів при трьохфазному збудженні напругою до 10 кВ при струмі до 0,5 А по кожній фазі.

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – 35К

Лабораторія монтується в фургоні автомобіля та призначена для:

1) випробування ізоляції високовольтних ізоляторів, кабелів, інших пристроїв та пристосувань постійною (до 60кВ) та змінною (до 100 кВ) високою напругою;

- 2) пропалювання та допалювання дефектної ізоляції кабелів
- 3) визначення ємності та тангенса кута втрат об'єктів на змінній напрузі до 10 кВ;
- 4) визначання відставні до місця пошкодження кабельних ліній на низькій напрузі та імпульсним безпропалюючим методом на високій напрузі;
- 5) визначення траси кабельних ліній;
- 6) топографічного визначення місць пошкоджень кабельних ліній індукційним та акустичним методом;
- 7) низьковольтні вимірювання;
- 8) вимірювання вихідного струму (струму утечам) при випробуваннях напругою випрямленого струму по високій та низькій стороні;
- 9) проведення низьковольтних параметрів силових трансформаторів комплектом електровимірювальних приладів чи автоматичним вимірювачем;
- 10) пропалення пошкодженої ізоляції та пошук місця пошкодження кабельних ліній 0,4 – 10 кВ.

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – 200

Призначення:

- 1) випробування ізоляції електрообладнання випрямленою напругою до 2000 кВ та змінною (50 Гц) напругою до 200 кВ;
 - 2) забезпечує вимірювання ємності та тангенса кута діелектричних втрат електротехнічних об'єктів при напрузі до 10кВ і 200 кВ в межах, забезпечуваних високовольтним мостом;
 - 3) забезпечує вимірювання на низькій напрузі параметрів потужних трансформаторів;
 - 4) забезпечує вимірювання малих опорів методом вольтметра - амперметра;
 - 5) забезпечує вимір струмів витоку під високим потенціалом на постійній напрузі до 70 кВ;
 - 6) забезпечує вимірювання:
 - високої випрямленої напруги на межах 70 кВ і 200 кВ;
 - високої змінної напруги на межах 50 кВ і 200 кВ;
- приведена відносна похибка вимірювання високої напруги не більше 3%.

Технічні характеристики

- 1) напруга мережі живлення трьохфазна, змінного струму: 380В;
- 2) частота мережі живлення: 50 Гц;
- 3) споживаний струм: не більше 180А;
- 4) джерелом високого випробувального напруги в ЕТЛ-200 є трансформатор ІОГ-260-1;

Параметри трансформатора ІОГ-260-1:

- 1) живлення: від трьохфазної мережі змінного струму $380\text{В} \pm 10\%$, 50 ± 1 Гц;
- 2) номінальна вихідна потужність: 16 кВт;
- 3) максимальна (1 хвилина) вихідна потужність: 70 кВт;
- 4) найбільша змінна напруга, діюче значення: 200 кВ;
- 5) найбільша випрямлена напруга, діюче значення: 200 кВ;
- 6) найбільш тривала вихідна напруга, діюче значення: 80 мА;
- 7) габаритні розміри трансформатора: 2850x880x1545мм;
- 8) маса обладнання в автомобілі: не більше 300 кг;
- 9) маса обладнання на причепі: не більше 900 кг.

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – 350

Призначення:

- 1) вимір ємності і тангенса кута діелектричних втрат ізоляції та ємностей трансформаторів струму 330-750 кВ в межах, забезпечуваних високовольтним мостом СА-7100-2 (3);
- 2) випробування напругою 350 кВ ізоляції електрообладнання при напрузі від 30 до 350 кВ;
- 3) вимір часткових розрядів (ЧР) - опція;
- 4) вимірювання високої випрямленої напруги: в межах 70 кВ до 350 кВ;
- 5) вимірювання високої змінної напруги: в межах 30 кВ до 350 кВ;
- 6) приведена відносна похибка вимірювання високої напруги - не більше 3%.

Технічні характеристики (джерело високої випробувальної напруги - трансформатор ІОГ-350-1)

Параметри трансформатора ІОГ-350-1:

- 1) напруга мережі живлення трьохфазна, змінного струму: 380В;
- 2) частота мережі живлення: 50 Гц;
- 3) споживаний струм: не більше 180А;

- 4) діапазон вихідної напруги: від 30 до 350 кВ;
- 5) напруга погашення часткових розрядів (ЧР): не більше 320 кВ;
- 6) рівень часткових розрядів (ЧР) при напрузі їх погашення: не більше 5 пКл;
- 7) діапазон робочих значень ємностей навантаження 3700 пФ.

Мобільна кабельна лабораторія ЕТЛ – ВВ

Призначення:

- 1) визначення тимчасових характеристик повітряних вимикачів;
- 2) вимірювання перехідних опорів контактів повітряних вимикачів.
- 3) Технічні характеристики
- 4) напруга мережі живлення однофазна, змінного струму 220В;
- 5) частота мережі: 50 Гц;
- 6) струм мережі: не більше 160А;
- 7) найбільший випрямлений струм на виході джерела струму: 150А;
- 8) найбільша випрямлена напруга на виході джерела напруги: 220 В;
- 9) електротехнічна пересувна лабораторія ЕТЛ-ВВ для діагностики повітряних вимикачів розроблена, виготовлена відповідно до стандартів, на основі технічної документації і визнана придатною для експлуатації.

2.4 Розрахунок трансформатора для випробовування кабелів 10 кВ

Визначаємо напругу холостого ходу випрямляча за формулою:

$$U_{d0} = U_d \cdot \left(1 + 0,5 \cdot \frac{U_T + U_{KM}}{100}\right) + U_B, \text{ (В)} \quad (2.1)$$

де U_d - номінальна напруга випрямляча ($U_d = 600 \text{ В}$);

U_T - напруга короткого замикання трансформатора ($U_T = 7,28 \text{ В}$);

U_{KM} - напруга короткого замикання мережі ($U_{KM} = 0,5 \cdot U_T \%$);

U_B - падіння напруги у вентильному плечі випрямляча ($U_B = 2 \text{ В}$).

Підставляємо значення у формулу (2.1):

$$U_{d0} = 600 \cdot \left(1 + 0,5 \cdot \frac{7,28 + 0,5 \cdot 7,28}{100}\right) + 2 = 635 \text{ В}$$

Приведена фазова напруга первинної обмотки для трифазного режиму буде дорівнювати:

$$U_{1\phi} = U_{2\phi} = \frac{U_d}{1,17}, (B) \quad (2.2)$$

де U_d — напруга між фазами ($U_d = 2,04 \text{ B}$).

$$U_{1\phi} = \frac{2,04}{1,17} = 1,7 \text{ B}$$

Максимальна зворотна напруга буде рівна:

$$U_{звор} = 2,04 \cdot U_{d0}, (B) \quad (2.3)$$

$$U_{звор} = 2,04 \cdot 635 = 1295 \text{ B}$$

Визначаємо приведені значення фазного струму первинної обмотки:

$$I_1 = \frac{I_d}{\sqrt{6}} = 0,41 \cdot I_d, (A) \quad (2.4)$$

де I_d — номінальний випрямлений струм ($I_d = 2000 \text{ A}$).

$$I_1 = 0,41 \cdot 2000 = 820 \text{ A.}$$

Дійсне значення струму в первинній обмотці буде:

$$I_1 = 0,41 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_{2\phi}}{U_1} \cdot I_d = \frac{0,71 \cdot U_{2\phi}}{U_1} \cdot I_d, (A) \quad (2.5)$$

де $U_{2\phi}$ — фазна напруга вторинної обмотки трансформатора ($U_{2\phi} = 599 \text{ B}$);

U_1 — лінійна напруга первинної обмотки трансформатора ($U_1 = 10000 \text{ B}$).

$$I_1 = \frac{0,71 \cdot 599}{10000} \cdot 2000 = 85 \text{ A.}$$

Визначаємо потужність первинної і вторинної обмоток трансформатора:

$$P_1 = 1,02 \cdot P_0, (\text{кВт}) \quad (2.6)$$

$$P_2 = 1,54 \cdot P_0, (\text{кВт}) \quad (2.7)$$

де $P_0 = (U_{d0} \cdot I_d)$ — початкова потужність трансформатора, кВт.

$$P_1 = 1,02 \cdot 635 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} = 1295 \text{ кВт}$$

$$P_2 = 1,54 \cdot 635 \cdot 2000 \cdot 10^{-3} = 1955 \text{ кВт}$$

Типова потужність трансформатора становить:

$$P_T = \frac{P_1 + P_2}{2}, (\text{кВт}) \quad (2.8)$$

$$P_T = \frac{1295 + 1955}{2} = 1625 \text{ кВт}$$

За каталогом вибираємо силовий трансформатор типу ТМПУ 2000/10. Основні технічні дані для силового трансформатора заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні дані трансформатора

№	Найменування параметрів	Норма
1	Номінальна потужність, кВт	1385
2	Номінальна первина напруга, кВ	10
3	Номінальна вторинна напруга, В	565
4	Номінальний первинний струм, А	80
5	Номінальний вторинний струм, А	577
6	Напруга короткого замикання, %	6,82

2.5 Розрахунок струму уставки автоматів для захисту кабельної лабораторії

Розрахунок струму короткого замикання (к.з.) на ділянці визначаємо за формулою:

$$I_{\text{к.з.}} = 1,17U_2 - \frac{\Delta U_a}{r_{\text{пл}} + r_{\text{тс}} + r_e}, (\text{А}) \quad (2.9)$$

де $U_a = 565$ - номінальна фазна напруга вентильної обмотки силового трансформатора, В;

$\Delta U_a = 2$ - спадання напруги у вентильному плечі випрямляча, В;

$r_{\text{пл}}$ - опір позитивної і негативної живильних ліній, Ом;

$r_{\text{тс}}$ - опір ділянки тягової мережі в контурі к.з., Ом;

r_e - еквівалентний опір тягового трансформатора і системи зовнішнього електропостачання, Ом (12)

$$R_c = 0,239 (X_c + X_T) \quad (2.10)$$

де X_c і X_T - індуктивні опори відповідно системи первинного електропостачання і тягового трансформатора, Ом, визначаємо за формулами:

$$X_c = \frac{3U_2^2}{10^6 \cdot S_k} \quad (2.11)$$

$$X_T = \frac{3U_2^2 \cdot e_k}{10^5 \cdot P_H} \quad (2.12)$$

де S_k - потужність к.з. на шинах змінного струму, МВА.

$$S_k = \sqrt{3} I_{\infty \text{пст}} \cdot U_H \quad (2.13)$$

$$S_k = \sqrt{3} \cdot 7,62 \cdot 10 = 132 \text{ МВА};$$

$e_k = 6,82$ - напруга к.з. тягового трансформатора, %;

$P_H = 1200$ - номінальна потужність випрямного агрегату, кВт.

$$X_c = \frac{3 \cdot 565^2}{10^6 \cdot 132} = \frac{957675}{132000000} = 0,007 \text{ Ом},$$

$$X_T = \frac{3 \cdot 565^2 \cdot 6,82}{10^5 \cdot 1200} = \frac{6531343,5}{120000000} = 0,054 \text{ Ом},$$

$$R_c = 0,239 \cdot (0,007 + 0,054) = 0,015 \text{ Ом}.$$

Струм к.з. на ділянці визначаємо в точці контактної мережі найбільш вилученої від місця підключення кабелю до контактної мережі. Визначаємо струм к.з. на першій ділянці.

Опір живильної й мінусової ліній

$$r_{\text{пл}} = \frac{L_{\text{пл}}}{v \cdot S}, \text{ Ом} \quad (2.14)$$

$$r_{\text{пл} 1} = \frac{1712}{35 \cdot 800} = 0,061 \text{ Ом}.$$

Опір тягової мережі:

$$r_{\text{т.м}} = (r_{\text{тс}} + r_p) \cdot L_{\text{уч}}, \text{ Ом} \quad (2.15)$$

$L_{уч} = 0,36$ - довжина ділянки від місця підключення кабелю до місця к.з., км.

$$r_{тс} = \left(\frac{0,208}{2} + 7,22 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 0,478 = 0,053 \text{ Ом.}$$

$$I_{к хв1} = \frac{1,17 \cdot 565 - 2}{0,061 + 0,053 + 0,015} = 5106 \text{ А}$$

Струм к.з. другої ділянки

$$r_{пл2} = \frac{998}{35 \cdot 800} = 0,035 \text{ Ом,}$$

$$r_{тс2} = \left(\frac{0,208}{2} + 7,22 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 0,421 = 0,047 \text{ Ом,}$$

$$I_{к хв2} = \frac{1,17 \cdot 565 - 2}{0,035 + 0,047 + 0,015} = 6791 \text{ А.}$$

Струм к.з. третьої ділянки

$$r_{пл3} = \frac{152}{35 \cdot 800} = 0,05 \text{ Ом.}$$

$$r_{тс3} = \left(\frac{0,208}{2} + 7,22 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 0,305 = 0,015 \text{ Ом,}$$

$$I_{к хв3} = \frac{1,17 \cdot 565 - 2}{0,005 + 0,015 + 0,015} = 9264 \text{ А.}$$

Струм к.з. четвертої ділянки

$$r_{пл4} = \frac{421}{35 \cdot 800} = 0,015 \text{ Ом.}$$

$$r_{тс4} = \left(\frac{0,208}{2} + 7,22 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 0,015 = 0,056 \text{ Ом,}$$

$$I_{к хв4} = \frac{1,17 \cdot 565 - 2}{0,015 + 0,056 + 0,015} = 7659 \text{ А.}$$

Струм к.з. п'ятої ділянки

$$r_{пл5} = \frac{1338}{35 \cdot 800} = 0,047 \text{ Ом.}$$

$$r_{тс5} = \left(\frac{0,208}{2} + 7,22 \cdot 10^{-3} \right) \cdot 0,047 = 0,048 \text{ Ом,}$$

$$I_{к хв5} = \frac{1,17 \cdot 565 - 2}{0,047 + 0,048 + 0,015} = 5988 \text{ А.}$$

Визначаємо струм уставки лінійного автомата на ділянках

$$I_{у\text{л}} > 2I_y + C,$$

де I_y - середній струм ділянки, що захищається, А

C - постійна, рівна 800 для тролейбуса по системі багатьох одиниць, А.

$$I_{y1} = 2 \cdot 219 + 800 = 1238 \text{ А},$$

$$I_{y2} = 2 \cdot 206 + 800 = 1212 \text{ А},$$

$$I_{y3} = 2 \cdot 234 + 800 = 1268 \text{ А}.$$

$$I_{y4} = 2 \cdot 226 + 800 = 1252 \text{ А}.$$

$$I_{y5} = 2 \cdot 210 + 800 = 1220 \text{ А}.$$

Приймаємо величину струму уставки:

$$I_{y1} = 1240 \text{ А},$$

$$I_{y2} = 1220 \text{ А},$$

$$I_{y3} = 1270 \text{ А}.$$

$$I_{y4} = 1260 \text{ А},$$

$$I_{y5} = 1220 \text{ А},$$

Струм уставки запасного автомата приймаємо $I_{у\text{зап}} = 1500 \text{ А}$.

Визначаємо максимальний розрахунковий навантажувальний струм на ділянках виходячи з 10 відключень, у середньому, лінійного автомата на місяць:

$$I_{\text{макс. розр } 1} = 1200 \text{ А},$$

$$I_{\text{макс. розр } 2} = 1200 \text{ А},$$

$$I_{\text{макс. розр } 3} = 1200 \text{ А},$$

$$I_{\text{макс. розр } 4} = 1200 \text{ А},$$

$$I_{\text{макс. розр } 5} = 1200 \text{ А},$$

Робимо перевірку розрахованого струму уставки лінійного автомата:

$$0,9 I_{\text{к хв}} \geq I_{\text{у\text{лв}}} \geq I_{\text{макс. розр}}$$

$$\text{Ділянка 1} \quad 0,9 \cdot 5106 \text{ А} \geq 1240 \text{ А} \geq 1200 \text{ А},$$

$$4595 \text{ А} \geq 1240 \text{ А} \geq 1200 \text{ А}.$$

Ділянка 2	$0,9 \cdot 6791 \text{ A} \geq 1220 \text{ A} \geq 1200 \text{ A},$ $6112 \text{ A} \geq 1220 \text{ A} \geq 1200 \text{ A}.$
Ділянка 3	$0,9 \cdot 9264 \text{ A} \geq 1270 \text{ A} \geq 1200 \text{ A},$ $8337 \text{ A} \geq 1270 \text{ A} \geq 1200 \text{ A}.$
Ділянка 4	$0,9 \cdot 7659 \text{ A} \geq 1260 \text{ A} \geq 1200 \text{ A},$ $6893 \text{ A} \geq 1260 \text{ A} \geq 1200 \text{ A}.$
Ділянка 5	$0,9 \cdot 5988 \text{ A} \geq 1220 \text{ A} \geq 1200 \text{ A},$ $5389 \text{ A} \geq 1220 \text{ A} \geq 1200 \text{ A}.$

Звідси випливає, що ділянки контактної мережі надійно захищені і не потрібно додаткового захисту від малих струмів короткого замикання.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було детально розглянуто апаратне забезпечення та технічні характеристики сучасних приладів і пересувних електротехнічних лабораторій, які застосовуються для діагностики, випробувань та пошуку місць пошкоджень на кабельних лініях. Проведений аналіз показав, що ефективність усунення аварій на підземних комунікаціях безпосередньо залежить від застосування спеціалізованих вимірювальних комплексів. Було охарактеризовано широкий спектр приладів, таких як рефлектометричні комплекси (наприклад, «ІСКРА-3М»), генератори звукової та акустичної частоти (ГАУХ, ГЗЧ-2500, ГІК-100), а також приймачі та трасошукачі (П-806, «ПОШУК-2006М», «СКОРПІОН Т03»), кожен з яких призначений для реалізації конкретних методів локалізації дефектів — від імпульсних вимірювань до електроакустичного та індукційного пошуку.

Особливу увагу приділено комплектації та можливостям пересувних кабельних лабораторій різних модифікацій (КАЕЛ-3, ЕТЛ-35, ЕТЛ-200 тощо). Ці мобільні комплекси дозволяють виконувати весь спектр необхідних робіт безпосередньо на місці аварії: від випробувань ізоляції змінною та постійною високою напругою до пропалювання дефектної ізоляції та топографічного визначення точного місця пошкодження. Використання таких комплексів значно скорочує час на локалізацію несправностей і підвищує рівень безпеки персоналу під час виконання робіт.

Крім того, у розділі виконано практичні розрахунки, необхідні для правильного вибору та налаштування обладнання. Зокрема, проведено розрахунок параметрів силового трансформатора для випробування кабелів 10 кВ (напруги холостого ходу, максимальної зворотної напруги, потужності обмоток), за результатами якого обрано типовий трансформатор ТМПУ 2000/10. Також розраховано струми короткого замикання та струми уставки лінійних автоматів для захисту кабельної лабораторії на різних ділянках мережі, що підтвердило надійність захисту обладнання та відсутність потреби у додаткових захисних засобах. Ці розрахунки є критично важливими для забезпечення безпечної та безперебійної роботи діагностичної апаратури в польових умовах.

РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ДІАГНОСТИКИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

3.1 Технічні заходи при пошуку пошкодження на кабелях високовольтних ліній

Для того щоб знайти місця пошкоджень на високовольтних кабельних лінях потрібно спроектувати ефективний та доцільний метод і одержати позитивний кінцевий результат.

- 1) необхідність провести ехограму для отримання інформації про кабель перед початком роботи.
- 2) провести вимір опору ізоляції мегомметром.
- 3) при низьких нормах опору виконати локалізацію місця пошкодження, в іншому випадку – виконати випробування ізоляції кабелю високою напругою.
- 4) в залежності від типу кабелю проводиться випробування напругою постійного струму.

Визначення місця пошкодження кабельних ліній починають з відключення і від'єднання кінців кабелю з обох боків. Потім визначають характер пошкодження, вимірюючи мегомметром опір ізоляції кожної струмоведучої жили щодо землі і між всіма жилами кабелю. Крім того, визначають відсутність обриву струмоведучих жил.

Якщо за допомогою мегомметра не вдається виявити пошкодження ізоляції, то характер пошкодження визначають додатковим почерговим випробуванням ізоляції струмоведучих жил між собою і по відношенню до оболонки високою напругою випрямленого струму. Можливі наступні варіанти:

- 1) пошкодження ізоляції із замиканням однієї фази на землю;
- 2) пошкодження ізоляції із замиканням два або трьох фаз на землю або два або трьох фаз між собою;
- 3) обрив одній, два або трьох фаз (із заземленням або без заземлення фаз);
- 4) запливаючий пробій ізоляції;
- 5) складні, такі, що є комбінаціями з різних пошкоджень.

У сучасних умовах для пошуку місць пошкоджень КЛ зазвичай використовують спеціальні пересувні електротехнічні лабораторії, призначені для

проведення профілактичних випробувань електроустаткування до 35 кВ, а також для визначення дефектів силових кабелів напругою до 10 кВ. Весь необхідний комплект устаткування такої лабораторії змонтований в кузові автомобіля і конструктивно роздільний на два відсіки: оператора і високовольтного устаткування. У відсіку оператора розташована приладова стійка з мережевим пультом управління, за допомогою якого можна підключати до вихідного вимірювального кабелю окремі системи, не виходячи з відсіку. При цьому невживані фази вихідного кабелю, а також системи приладів автоматично заземляються і блокуються один від одного. Крім того, у відсіку оператора розташована шафа з ящиками для малогабаритних приладів і документація, шафа для робочого одягу, стілець з кріпленням для транспортування і столик, що обертається. У відсіку високовольтного устаткування розташовані: модуль кабельних барабанів, високовольтний блок випробувальної установки, пристрій розрядки і заземлення, пристрій стабілізації електричної дуги і ін.

Лабораторія забезпечена примусовим захистом від поразки персоналу електричним струмом при торканні. Незаземлена частина корпусу (відсік оператора) відокремлена від небезпечної високовольтної зони жорсткою прозорою перегородкою і додатковою ізоляцією. Включення установки можливе лише після закриття задніх дверей лабораторії. Відключення захисту викликає автоматичне відключення всього високовольтного устаткування, а також його розрядку. Додатково під час роботи контролюється потенціал автомобіля щодо землі і значення опору заземлення.

Якщо під час проведення пошуку пошкодження було виявлено пошкодження ізоляції кабелю, то наступним кроком є локалізація місця пошкодження. Для цього необхідно методом відображеного імпульсу виконати зняття з ехограми. Виміряти відстань до місця пошкодження можна лише за умови низькоомного пошкодження. В цьому випадку з допомогою електромагнітної котушки та генератору високовольтної частоти проводиться пошук пошкодження на місцевості.

Якщо пошкодження багатотомне, то треба змінити його на низькоомне.

Необхідно створити струм прожигу потрібної величини, щоб у місці пошкодження виникла струмопровідна доріжка з невеликою величиною опору.

Така дія необхідна для локалізації місця пошкодження за допомогою методу відображення імпульсу.

Використання даного методу неможливе при багатотомних пошкодженнях. Після локалізації місця пошкодження необхідно вибрати метод усунення проблеми, який найбільш доцільно підходить в даному випадку. Алгоритм пошуку місця пошкоджень можна зобразити наступним чином:



Рисунок 3.1 Алгоритм пошуку місця пошкоджень.

Спираючись на досвід можна стверджувати, що найчастіше трапляються пошкодження кабельних ліній типу «жила-оболонка». Найрідше – «жила-жила». Для якісної перевірки кабельних ліній необхідно провести три випробування за наступними схемами:

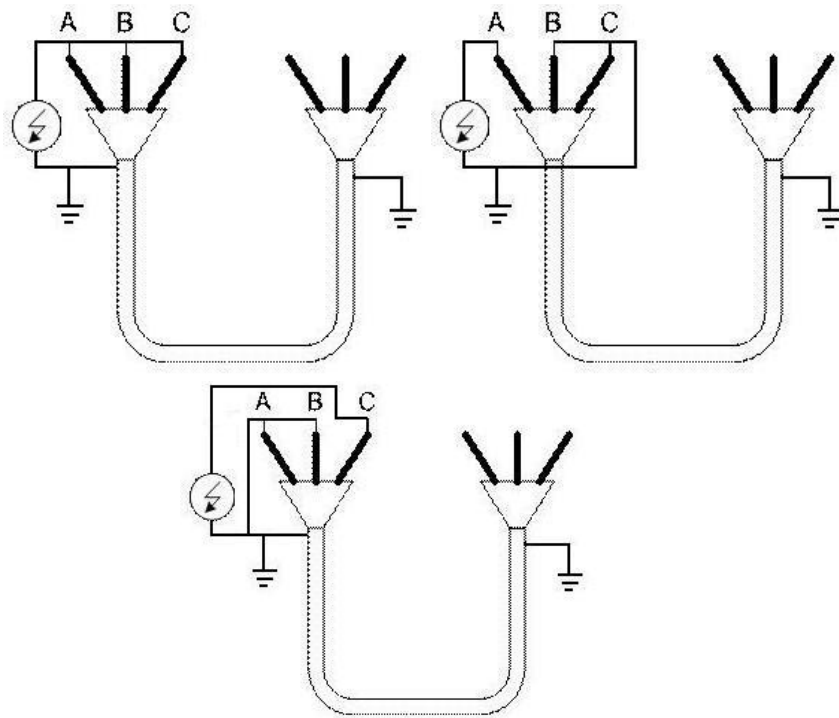


Рисунок 3.2 Схеми випробування кабельних ліній.

Технічні засоби при високоомних пошкодженнях:

- 1) ударна установка та пошукова електромагнітна котушка;
- 2) ударна установка та акустичний прилад;
- 3) локаторна установка.

Технічні засоби при низькоомних пошкодженнях:

- 1) генератор високої частоти та пошукова електромагнітна котушка;
- 2) ударна установка та акустичний прилад
- 3) локаторна установка.

3.2 Випробування кабелю змінного струму після ремонтних робіт

Заводські випробування кабелів виконуються для того аби показати, що кабелі виготовлені у відповідності з технічними вимогами. В подальшому потребується також проводити випробування кабельних ліній перед початком включення їх в експлуатацію. Одним із важливих етапів перевірки технічно справного кабелю є випробування кабелю після ремонтних робіт.

Вимірювання опору струмопровідних жил. Вимірювання опору струмопровідної жили після ремонтних робіт є основним випробуванням для

оцінки якості якісного зростання жил, а також для оцінки правильності фазування жил.

Вимірювання опору ізоляції. Це випробування виконується з метою перевірки відсутності вологості в кабелі в процесі ремонтних робіт. Опір ізоляції може бути виміряно за допомогою мегаомметра, але цей метод має недолік, обумовлений великим зарядним струмом при вимірюванні довгих кабельних ліній. Іншим методом оцінки опору ізоляції є метод вимірювання струму витоку у процесі високовольтних випробувань напругою постійного струму і визначення опору ізоляції за величинами напруги та струму.

Вимірювання ємності. Після ремонтних робіт проводиться вимірювання електростатичної ємності. Це є дуже важливим у випадку обриву жил без порушення цілісності ізоляції.

Випробування високою напругою. Ці випробування є одними з найважливіших після ремонту. Вони проводяться для перевірки правильності проведення ремонтних робіт.

3.3 Випробування кабелів ± 600 В постійного струму

Для попередження раптового виходу з ладу кабелю, муфт проводять профілактичні випробування кабельних ліній. Мета цих випробувань - доведення ослаблених місць до пробою і попередження тим самим аварійного виходу кабелю з ладу.

Випробування знову прокладених і вживаних кабельних ліній підвищеною напругою проводять зазвичай постійним струмом (при змінному струмі значно збільшується потужність випробувальної установки). При цьому випрямлену напругу змінюють ступенями від нуля до значення, встановленого нормами.

Якщо до кінця випробування наростання струмів витоку не припиняється, то це є ознакою дефектів в кабелі, і випробування продовжують до пробою кабельної лінії.

Крім планових випробувань кабелів в процесі експлуатації проводять і позачергові їх випробування, наприклад після ремонтних робіт на лініях, земляних робіт поблизу кабельних трас, розмивів ґрунту і т.п.

Кабелі напругою до 1 кВ не відчують підвищену напругу. Після виконання дрібних ремонтів, не пов'язаних з перемонтаж цих кабелів, опір їх ізоляції вимірюють мегомметром на 2,5 кВ протягом 1 хв. Воно повинно бути не нижче 0,5 МОм.

Випробування підвищеною напругою кабелів понад 1 кВ (крім гумових кабелів 3-10 кВ) проводять в терміни, що встановлюються системою планово-попереджувального ремонту, але не рідше 1 разу на 3 роки. Після капітального ремонту кабельні лінії з робочою напругою до 10 кВ відчують напругу $U_{\text{ном}}$, а при профілактичних випробуваннях - напругу (5-6) $U_{\text{ном}}$. Ці випробувальні напруги достатні для виявлення слабких місць в кабелі і муфтах. Тривалість випробування кожної фази становить 5 хв. Кабелі 3-10 кВ з гумовою ізоляцією відчують напругу $2U_{\text{ном}}$ протягом 5 хв не рідше 1 разу на 5 років. До і після випробування кабелів на напругу понад 1 кВ підвищеним випрямленою напругою вимірюють опір їх ізоляції мегомметром на 2,5 кВ.

Ізоляцію кабельних ліній випробовують за допомогою спеціальних пересувних, стаціонарних і переносних високовольтних випрямних установок. Всі установки містять трансформатор, високовольтний випрямляч і регулятор.

Стан кабелю визначають по струму витоку. При задовільному стані кабелю при підйомі напруги за рахунок зарядки його ємності струм витоку різко зростає, а потім швидко знижується до 10-20% від максимального.

Результати випробування кабелю вважаються задовільними, якщо під час випробування не відбувається пробой ізоляції кабелю, не спостерігаються ковзаючі розряди, поштовхи струму витоку або наростання його сталого значення, а опір ізоляції після випробування залишається незмінним.

3.4 Захист підземних металевих споруд від блукаючих струмів

Блукаючі струми трамвая, протікаючи в землі, потрапляють на прокладені під землею металеві комунікації різного призначення: газопроводи середнього і низького тиску, водопроводи, теплопроводи, силові кабелі, кабелі зв'язку і т. д., а потім знову стікають в землю. На тих ділянках, де струми стікають із споруд, останні мають позитивний потенціал щодо землі, тому такі ділянки (зони)

називають анодними. Електролітичне руйнування металу споруди відбувається саме в анодних зонах. Чим вища інтенсивність блукаючих струмів, тим вищий потенціал споруди в анодних зонах, більша щільність стікаючої з поверхні споруди струму, швидше руйнується метал.

Одним з найбільш ефективних способів протикорозійного захисту є ізоляція споруди від ґрунту (пасивний захист). Проте покриття, які застосовують з часом значно знижують свої ізоляційні якості. Крім того, в процесі монтажу підземних споруд можливе порушення покриття. Все це приводить до необхідності доповнення захисту ізоляційними покриттями іншими його видами.

Запобігти корозії споруди, тобто припинити стікання струму з його поверхні, можна зменшенням потенціалу споруди нижче за потенціал найближчого до споруди шару землі.

За цим принципом працюють пристрої електрохімічного захисту підземних металевих споруд. Встановлені [26,27] граничні значення поляризаційного (захисного) потенціалу.

Відповідно до стандарту на діючих сталевих ізольованих трубопроводах, що не обладнані спеціальними контрольно-вимірювальними приладами для вимірювання поляризаційних потенціалів, допускають здійснювати катодну поляризацію споруди так, щоб середні значення потенціалу труби по відношенню до мідно-сульфатного електроду порівняння (що включають поляризаційну й омичну складові) були в межах від($-0,87$) до ($-2,5$) В [6,26].

Найбільш поширені такі основні види електрохімічного захисту (рис.9.9):

* *поляризований електродренаж* (рис.3.3,а, 3.4, 3.5), це електричне з'єднання споруди (на ділянці його анодної зони), що захищається, з рейками або негативною шиною тягової підстанції.

Щоб уникнути можливості протікання струму I у зворотному напрямі (від рейок до споруди) в електродренажну мережу включають напівпровідниковий діод D . Струм в колі електродренажу можна регулювати за допомогою резисторів $R1-R3$. Значення струму в свою чергу визначає норма встановленого захисного потенціалу;

* *посилений електродренаж* (рис.3.6), що є поляризований електродренаж, де замість діода і резисторів включене джерело постійного струму: трансформатор Tr з мостовою схемою випрямлення на діодах, UB .

Автоматичне регулювання дренажу здійснюють за системою управління тиристорами випрямляча. Кут відкриття тиристорів випрямляча залежить від різниці потенціалів між підземною спорудою і ґрунтом. Ця різниця потенціалів, що одержана за допомогою сталевого або такого що не поляризується електроду порівняння $ЕС$ і посилена високоомним підсилювачем $У$ (рис.3.6), подається на блок управління $БУ$ тиристорним випрямлячем.

Така схема забезпечує ефективний захист у всьому діапазоні зміни і розміщення на ділянці тягових навантажень, температури і вологості ґрунту.

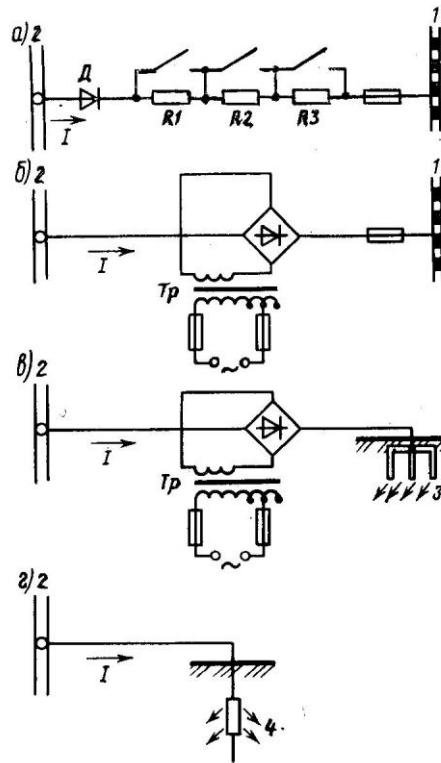
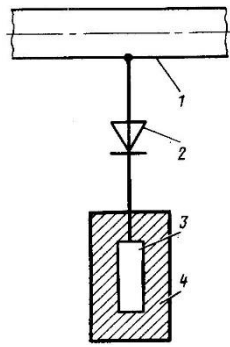


Рис. 3.3 - Принципові схеми основних видів електрохімічного захисту підземних споруд від корозії: а — поляризований електродренаж; б — посилений електродренаж; в — катодний захист; г — протекторний захист; 1 — рейковий шлях трамвая; 2 — підземна споруда, що захищається; 3 — анодний заземлювач; 4 — протектор



1 – споруда, що захищається; 2 – діод; 3 – протектор; 4 – активатор

Рис.3.4 - Схема поляризованого протекторного захисту

Потужність джерела живлення вибирають за умови усунення анодної зони на заданій ділянці підземної споруди. Звичайно в умовах міста необхідна потужність не перевищує 2 кВА.

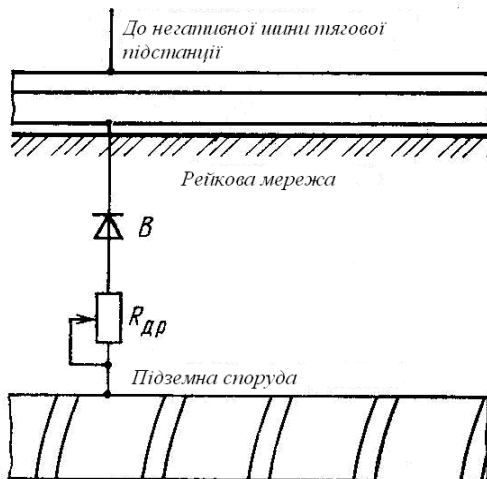


Рис.3.4-Принципова схема поляризованого дренажу

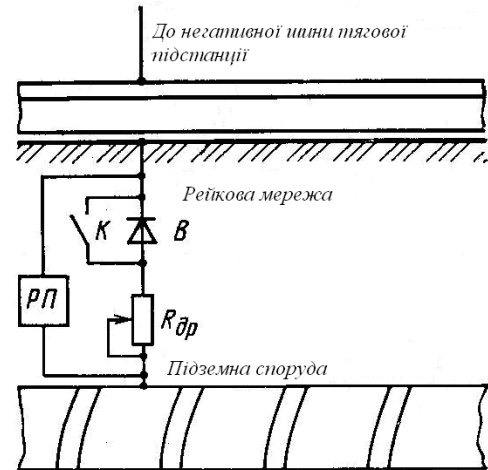


Рис.3.5 - Принципова схема поляризованого дренажу з контактором

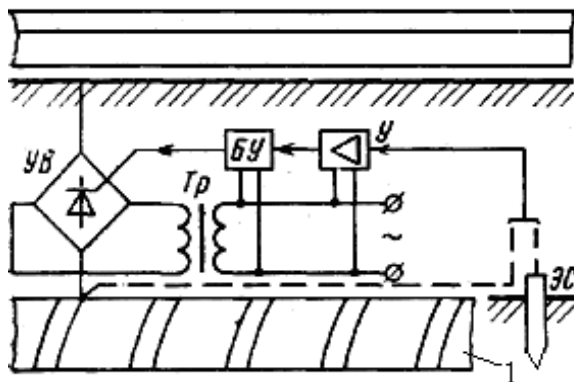


Рис. 3.6 – Принципова схема посиленого дренажу: 1 - підземна споруда

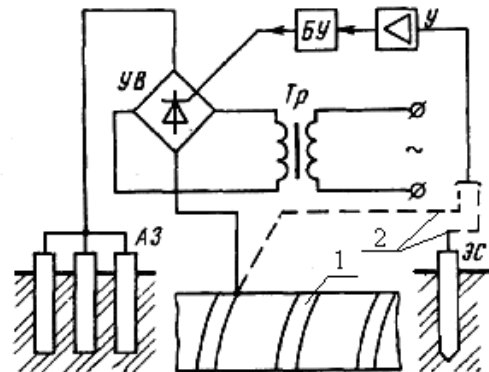


Рис. 3.7 – Принципова схема автоматичної катодної станції:
1 – підземна споруда; 2 – контрольні жили

При великій віддаленості підземних споруд від рельсової мережі недоцільно застосовувати електричний дренаж, оскільки у разі прямого дренажу його ефективність виходить незначною, а для посиленого дренажу потрібна значна потужність джерела живлення. В цих випадках набуває широкого вживання катодний захист (рис.3.7). Ідея цього методу полягає в тому, що споруді, яка знаходиться під захистом, від стороннього джерела надають негативний потенціал. Струм що протікає у результаті цього до споруди, протилежний блукаючому струму в анодних зонах і компенсує його.

Промисловість випускає автоматичні катодні станції, режим роботи яких установлюють залежно від потенціалу споруди (рис.3.6). Порівнюючи схеми, зображені на рис.3.5 і 3.6, можна зробити висновок, що катодна станція відрізняється від посиленого дренажу тим, що відведення блукаючого струму зі споруди здійснюють не в рейкову мережу, а на спеціальний анодний заземлювач АЗ. Анодна зона переміщується із споруди на анодний заземлювач, при цьому відбувається, з одного боку, поступове руйнування спеціального анода, з іншого – здійснюється захист металу споруди за допомогою його катодної поляризації. Автоматичні катодні станції забезпечують високу чутливість підтримки заданого потенціалу на підземній споруді (± 50 мВ).

Важливим елементом катодних станцій є анодні заземлювачі. Основним показником їх якості є опір розтіканню струму, що зберігається в процесі роботи заземлювача. Анодні заземлювачі звичайно виготовляються з крем'янистого чавуну, графітних і вугільних стрижнів і труб.

У ґрунтах з великим питомим опором, для зменшення опору розтіканню струму, анодні заземлювачі виконують у вигляді багатоелектродних систем.

Основним недоліком катодних станцій є швидке руйнування анодних заземлювачів. Їх заміна є досить трудомісткою і дорогою справою. Деяке подовження терміну служби заземлювачів, забезпечує його засипка коксівними дрібним камінням. Пояснюється це тим, що в цьому випадку замість іонної виникає електронна провідність.

Катодний захист складається з джерела постійного струму, так званої катодної установки (станції), і анодного заземлювача. При роботі катодного захисту відбувається корозійне руйнування металу анодного заземлювача. Посилений

електродренаж є практичною установкою катодного захисту, де анодним заземлювачем служать рейкові кола. Характерною особливістю роботи посиленого електродренажу і катодної станції є споживання електричної енергії, тобто живлення їх від зовнішнього джерела.

При незначному струмі витоку з підземних споруд застосовують протекторний захист (рис.3.4). Суть його дії полягає в тому, що блукаючий струм, що стікає зі споруди, нейтралізує зустрічний струм від протектора, що виникає внаслідок його самоліквідації. Протектор виготовляють з металів, які мають в даному корозійному середовищі більш негативний електрохімічний потенціал, ніж потенціал металу, що захищається. Звичайно для виготовлення протекторів використовують цинк, магній, алюміній і їх сплави.

Ефективність роботи протекторного захисту залежить від різниці потенціалів між протектором і спорудою, який захищається, і опору електричного кола, що утворюється, які визначають захисний струм I . Найбільшого поширення протектори набули при захисті споруд від ґрунтової корозії, оскільки струм при протекторному захисті відносно невеликий.

Протекторний захист застосовують в окремих випадках при захисті споруд від блукаючих струмів, а саме в тих випадках, коли потенціал споруди, який захищається, невеликий (у межах до $+0,3$ В) [6,26]. При застосуванні протекторного захисту від блукаючих струмів в коло споруда-протектор обов'язково включають діод: анод діода підключають до протектора, а катод — до споруди. За такої схеми протекторна установка автоматично починає працювати при позитивному потенціалі на споруді і перестає працювати при негативному потенціалі. Слід зазначити, що в даній схемі можна застосовувати діоди тільки з низьким прямим опором.

3.5 Вольтододаючі пристрої

Діючі нормативні документи з протикорозійного захисту [6] вимагають, щоб при проектуванні був передбачений загальний захист усіх комунікацій, що розташовані на даній території. Влаштування такого захисту підвищує ефективність протикорозійних заходів, скорочує капітальні й експлуатаційні витрати на захист.

Разом з тим, при влаштуванні захисту ряду комунікацій повинен бути виключений його шкідливий вплив на інші споруди, що не увійшли до даної системи захисту.

При здійсненні загального захисту декількох споруд, їх з'єднують між собою спеціальними електропровідними перемичками і захищають загальними для всіх споруд установками електрохімічного захисту.

Застосування вольтододаючих пристроїв статичних перетворювачів дозволяє добитися кращої якості захисту підземних споруд від блукаючих струмів завдяки ефективній підтримці рівності потенціалів пунктів приєднання. Крім того, вольтододаючі пристрої на базі статичних перетворювачів (в порівнянні з електромашинними) зручніші в експлуатації, мають вищу надійність [6,26].

Розглянемо принципову схему вирівнювання потенціалу негативних пунктів за допомогою статичного перетворювача (рис. 3.8) [3,4].

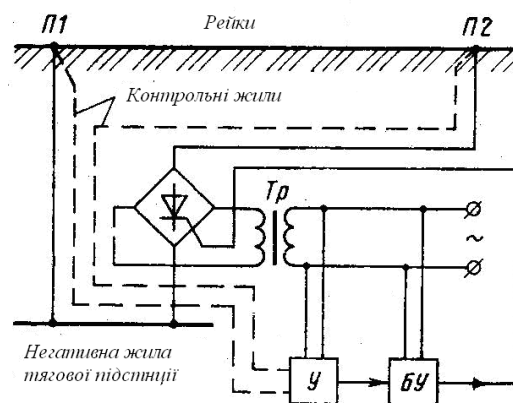


Рис. 3.8 - Принципова схема вирівнювання потенціалу пунктів приєднання негативних живильних ліній за допомогою статичного вольтододаючого пристрою

До довгої кабельної лінії негативного пункту П2 включений керований випрямний міст, який одержує живлення від трансформатора Тр. Еквіпотенціальність пунктів приєднання підтримується компенсацією втрати напруги в довгому кабелі. Регулювання напруги на виході випрямляча здійснюють зміною кута відкриття тиристорів. Потенціал пунктів П1 і П2 подають контрольними жилами негативних кабелів до підсилювача У, де відбувається їх порівняння.

З виходу підсилювача сигнал подається на блок керування БУ, який керує тиристорами випрямляча. Кут відкриття тиристорів змінюється залежно від різниці потенціалів між пунктами приєднання кабелів.

Унаслідок високої чутливості електронної апаратури точність підтримки еквіпотенціальності негативних пунктів в цій схемі виходить вищою, ніж у разі електромашиного регулювання.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було досліджено організаційно-технічні заходи щодо пошуку пошкоджень, випробування кабельних ліній та методи їх захисту від електрохімічної корозії, спричиненої блукаючими струмами. Визначено чітку послідовність дій для локалізації дефектів, яка включає зняття ехограми та вимірювання опору ізоляції мегаомметром. У разі виявлення високоомного пошкодження проводиться пропалювання ізоляції для створення струмопровідної доріжки з невеликою величиною опору, що дозволяє ефективно застосовувати електромагнітні, акустичні та локаторні методи точного пошуку. Крім того, обґрунтовано необхідність проведення профілактичних високовольтних випробувань підвищеною напругою (зокрема постійним струмом) для виявлення ослаблених місць ізоляції до їх аварійного виходу з ладу. Контроль струмів витоку, вимірювання електростатичної ємності та опору струмопровідних жил визначено як обов'язковий і найважливіший етап перевірки кабелю після виконання ремонтних робіт.

Встановлено, що головною причиною руйнування металевих оболонок підземних комунікацій є струми витоку з рейкових мереж електрифікованого транспорту. Блукаючі струми проникають у підземні споруди в катодних зонах, а найбільш інтенсивне електролітичне руйнування металу відбувається в анодних зонах, де струм стікає з оболонки кабелю в землю. Швидкість і характер перебігу корозії суттєво залежать від вологості ґрунту, його аерації, структури (наприклад, у глинистих ґрунтах корозія протікає інтенсивніше, ніж у пісках) та хімічного складу ґрунтового електроліту.

Проаналізовано основні способи захисту підземних металевих споруд від

блукаючих струмів. Найбільш ефективними визнано електродренажний захист (поляризований та посилений електродренаж) для організованого відведення блукаючих струмів зі споруди назад у рейкову мережу, катодний захист для штучного надання металевій споруді негативного потенціалу за допомогою зовнішнього джерела живлення та анодного заземлювача, а також протекторний захист із використанням металів з більш негативним електрохімічним потенціалом для нейтралізації струмів витоку. Для здійснення загального захисту декількох комунікацій доведено доцільність використання вольтододаючих пристроїв на базі статичних перетворювачів. Це дозволяє ефективно підтримувати еквіпотенціальність пунктів приєднання та здійснювати спільний захист підземних споруд без шкідливого впливу на сусідні комунікації. Отже, комплексне застосування сучасних алгоритмів діагностики та автоматизованих систем електрохімічного захисту є необхідною умовою для запобігання аваріям та забезпечення надійної експлуатації підземних кабельних ліній.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Законодавчі акти, що регулюють охорону праці.

Законодавство України про охорону праці складається із загальних законів України та спеціальних законодавчих актів.

Загальними законами України, що визначають основні положення з охорони праці є Конституція України, Закон України «Про Охорону праці», Кодекс Законів про працю (КЗпП), Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»

4.1 Конституція України щодо питань охорони праці.

Конституція України, яка була прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 року, визначає у статті 43, 45 та 46 право на працю, її фізичних умов та відшкодування збитків у разі нещасного випадку.

Так, стаття 43 визначає: «кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, яку він вільно обирає або на яку вільно погоджується. Держава створює умови для повного здійснення громадянами права на працю, гарантує рівні можливості у виборі професії та роду трудової діяльності, реалізовує програми професійно-технічного навчання, підготовки і перепідготовки кадрів відповідно до суспільних потреб. Використання примусової праці забороняється. Не вважається примусовою працею військова або альтернативна (невійськова) служба, а також робота чи служба, яка виконується особою за вироком чи іншим рішенням суду або відповідно до законів про воєнний і про надзвичайний стан. Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної законом. Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється. Громадянам гарантується захист від незаконного звільнення. Право на своєчасне одержання винагороди за працю захищається законом».

Стаття 45 Конституції України обумовлює не тільки умови праці, а й право на відпочинок: «кожен, хто працює, має право на відпочинок. Це право

забезпечується наданням днів щотижневого відпочинку, а також оплачуваної щорічної відпустки, встановленням скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи у нічний час. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права визначаються законом».

46 стаття Конституції України затверджує право людини щодо соціального захисту в разі нещасного випадку. «Громадяни мають право на соціальний захист, що включає право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника, безробіття з незалежних від них обставин, а також у старості та в інших випадках, передбачених законом. Це право гарантується загальнообов'язковим державним соціальним страхуванням за рахунок страхових внесків громадян, підприємств, установ і організацій, а також бюджетних та інших джерел соціального забезпечення; створенням мережі державних, комунальних, приватних закладів для догляду за непрацездатними. Пенсії, інші види соціальних виплат та допомоги, що є основним джерелом існування, мають забезпечувати рівень життя, не нижчий від прожиткового мінімуму, встановленого законом».

4.2 Кодекс законів про працю України

Кодекс законів про працю України був затверджений 10 грудня 1971 року Законом N 322-VIII. Сьогодні він існує з рядом змін та внесень, які затверджувалися протягом 1973 - 2007 рр.

Кодекс законів про працю України регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи зростанню продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва і піднесенню на цій основі матеріального і культурного рівня життя трудящих, зміцненню трудової дисципліни і поступовому перетворенню праці на благо суспільства в першу життєву потребу кожної працездатної людини.

Згідно статті 141 глави X власник або уповноважений ним орган повинен правильно організувати працю працівників, створювати умови для зростання

продуктивності праці, забезпечувати трудову і виробничу дисципліну, неухильно додержувати законодавства про працю і правил охорони праці, уважно ставитися до потреб і запитів працівників, поліпшувати умови їх праці та побуту.

Глава XI присвячена безпосередньо охороні праці.

Стаття 153. Створення безпечних і нешкідливих умов праці

На всіх підприємствах, в установах, організаціях створюються безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці покладається на власника або уповноважений ним орган. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників. Власник або уповноважений ним орган не вправі вимагати від працівника виконання роботи, поєднаної з явною небезпекою для життя, а також в умовах, що не відповідають законодавству про охорону праці. Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або людей, які його оточують, і навколишнього середовища. У разі неможливості повного усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я умов праці власник або уповноважений ним орган зобов'язаний повідомити про це орган державного нагляду за охороною праці, який може дати тимчасову згоду на роботу в таких умовах. На власника або уповноважений ним орган покладається систематичне проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, протипожежної охорони. Трудові колективи обговорюють і схвалюють комплексні плани поліпшення умов, охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів і контролюють виконання цих планів. (Стаття 153 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 8474-10 від 27.02.85; Законом N 3694-12 від 15.12.93)

Стаття 154. Додержання вимог щодо охорони праці при проектуванні,

будівництві (виготовленні) та реконструкції підприємств, об'єктів і засобів виробництва.

Проектування виробничих об'єктів, розробка нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинні провадитися з урахуванням вимог щодо охорони праці. Виробничі будівлі, споруди, устаткування, транспортні засоби, що вводяться в дію після будівництва або реконструкції, технологічні процеси повинні відповідати нормативним актам про охорону праці.(Стаття 154 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 155. Заборона введення в експлуатацію підприємств, які не відповідають вимогам охорони праці.

Жодне підприємство, цех, дільниця, виробництво не можуть бути прийняті і введені в експлуатацію, якщо на них не створено безпечних і нешкідливих умов праці. Введення в експлуатацію нових і реконструйованих об'єктів виробничого та соціально-культурного призначення без дозволу органів державного нагляду за охороною праці забороняється. Власник, який створив нове підприємство, зобов'язаний одержати від органів державного нагляду за охороною праці дозвіл на початок його роботи.(Стаття 155 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 4617-10 від 24.01.83; Законом N 3694-12 від 15.12.93) Стаття 156. Заборона передачі у виробництво зразків нових машин та інших засобів виробництва, впровадження нових технологій, що не відповідають вимогам охорони праці. Виготовлення і передача у виробництво зразків нових машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, а також впровадження нових технологій без дозволу органів державного нагляду за охороною праці забороняється.(Стаття 156 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 157. Державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці.

Державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці - це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання. Опрацювання та прийняття нових, перегляд і скасування чинних державних міжгалузевих та галузевих

нормативних актів про охорону праці проводяться органами державного нагляду за охороною праці за участю інших державних органів і професійних спілок у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України. Стандарти, технічні умови та інші нормативно-технічні документи на засоби праці і технологічні процеси повинні включати вимоги щодо охорони праці і погоджуватися з органами державного нагляду за охороною праці. У разі відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, власник або уповноважений ним орган зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду за охороною праці заходів, що забезпечать безпеку працівників.(Стаття 157 із змінами, внесеними згідно з Указами ПВР N 2240-10 від 29.07.81, N 4617-10 від 24.01.83; Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 158. Обов'язок власника або уповноваженого ним органу щодо полегшення і оздоровлення умов праці працівників.

Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний вживати заходів щодо полегшення і оздоровлення умов праці працівників шляхом впровадження прогресивних технологій, досягнень науки і техніки, засобів механізації та автоматизації виробництва, вимог ергономіки, позитивного досвіду з охорони праці, зниження та усунення запиленості та загазованості повітря у виробничих приміщеннях, зниження інтенсивності шуму, вібрації, випромінювань тощо.(Стаття 158 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93)

Стаття 159. Обов'язок працівника виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці Працівник зобов'язаний: знати і виконувати вимоги нормативних актів про охорону праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту; додержувати зобов'язань щодо охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, установи, організації; проходити у встановленому порядку попередні та періодичні медичні огляди; співробітничати з власником або уповноваженим ним органом у справі організації безпечних та нешкідливих умов праці, особисто вживати посильних заходів щодо усунення будь-якої виробничої ситуації, яка створює загрозу його життю чи

здоров'ю або людей, які його оточують, і навколишньому природному середовищу, повідомляти про небезпеку свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу.(Стаття 159 із змінами, внесеними згідно з Указами ПВР N 2240-10 від 29.07.81, N 4617-10 від 24.01.83; Законом N 3694-12 від 15.12.93)

Стаття 160. Контроль за додержанням вимог нормативних актів про охорону праці.

Постійний контроль за додержанням працівниками вимог нормативних актів про охорону праці покладається на власника або уповноважений ним орган. Трудові колективи через обраних ними уповноважених, професійні спілки в особі своїх виборних органів і представників контролюють додержання всіма працівниками нормативних актів про охорону праці на підприємствах, в установах, організаціях.(Стаття 160 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 8474-10 від 27.02.85; Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 161. Заходи щодо охорони праці Власник або уповноважений ним орган розробляє за участю професійних спілок і реалізує комплексні заходи щодо охорони праці відповідно до Закону України "Про охорону праці" (2694-12). План заходів щодо охорони праці включається до колективного договору.(Стаття 161 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 4617-10 від 24.01.83).

Стаття 162. Кошти на заходи по охороні праці

Для проведення заходів по охороні праці виділяються у встановленому порядку кошти і необхідні матеріали. Витрачати ці кошти і матеріали на інші цілі забороняється. Порядок використання зазначених коштів і матеріалів визначається в колективних договорах. Трудові колективи контролюють використання коштів, призначених на охорону праці.(Стаття 162 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 4617-10 від 24.01.83) Стаття 163. Видача спеціального одягу та інших засобів індивідуального захисту На роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або здійснюваних у несприятливих температурних умовах, працівникам видаються безплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту. Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний організувати комплектування та утримання засобів індивідуального захисту

відповідно до нормативних актів про охорону праці.(Стаття 163 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 164. Компенсаційні виплати за невиданий спеціальний одяг і спеціальне взуття

Видача замість спеціального одягу і спеціального взуття матеріалів для їх виготовлення або грошових сум для їх придбання не дозволяється. Власник або уповноважений ним орган повинен компенсувати працівникові витрати на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, якщо встановлений нормами строк видачі цих засобів порушено і працівник був змушений придбати їх за власні кошти. У разі дострокового зносу цих засобів не з вини працівника власник або уповноважений ним орган зобов'язаний замінити їх за свій рахунок.(Стаття 164 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 165. Видача мила та знешкоджуючих засобів

На роботах, зв'язаних з забрудненням, видається безплатно за встановленими нормами мило. На роботах, де можливий вплив на шкіру шкідливо діючих речовин, видаються безплатно за встановленими нормами змиваючі та знешкоджуючі засоби.

Стаття 166. Видача молока і лікувально-профілактичного харчування На роботах з шкідливими умовами праці працівникам видаються безплатно за встановленими нормами молоко або інші рівноцінні харчові продукти. На роботах з особливо шкідливими умовами праці надається безплатно за встановленими нормами лікувально-профілактичне харчування.

Стаття 167. Забезпечення працівників гарячих цехів газованою солоною водою

Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний безплатно постачати працівників гарячих цехів і виробничих ділянок газованою солоною водою. Цехи і виробничі ділянки, де організовується постачання газованою солоною водою, визначаються органами санітарного нагляду за погодженням з власником або уповноваженим ним органом. Стаття 168. Перерви в роботі для обігрівання і відпочинку Працівникам, що працюють в холодну пору року на відкритому повітрі або в закритих неопалюваних приміщеннях, вантажникам та деяким іншим

категоріям працівників у випадках, передбачених законодавством, надаються спеціальні перерви для обігрівання і відпочинку, які включаються у робочий час. Власник або уповноважений ним орган, зобов'язаний обладнувати приміщення для обігрівання і відпочинку працівників.(Стаття 168 із змінами, внесеними згідно із Законом N 871-12 від 20.03.91).

Стаття 169. Обов'язкові медичні огляди працівників певних категорій

Власник або уповноважений ним орган зобов'язаний за свої кошти організувати проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. Перелік професій, працівники яких підлягають медичному оглядові, термін і порядок його проведення встановлюються Міністерством охорони здоров'я України за погодженням із Державним комітетом України по нагляду за охороною праці.(Стаття 169 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 5938-11 від 27.05.88; Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 170. Переведення на легшу роботу

Працівників, які потребують за станом здоров'я надання легшої роботи, власник або уповноважений ним орган повинен перевести, за їх згодою, на таку роботу у відповідності з медичним висновком тимчасово або без обмеження строку. При переведенні за станом здоров'я на легшу нижчеоплачувану роботу за працівниками зберігається попередній середній заробіток протягом двох тижнів з дня переведення, а у випадках, передбачених законодавством України, попередній середній заробіток зберігається на весь час виконання нижчеоплачуваної роботи або надається матеріальне забезпечення за загальнообов'язковим державним соціальним страхуванням.(Стаття 170 із змінами, внесеними згідно із Законами N 3694-12 від 15.12.93, N 429-IV (429-15) від 16.01.2003).

Стаття 171. Обов'язки власника або уповноваженого ним органу щодо розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві

Власник або уповноважений ним орган повинен проводити розслідування та вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві

відповідно до порядку, встановленого Кабінетом Міністрів України.(Стаття 171 із змінами, внесеними згідно з Указом ПВР N 4617-10 від 24.01.83; Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 172. Застосування праці інвалідів

У випадках, передбачених законодавством, на власника або уповноважений ним орган покладається обов'язок організувати навчання, перекваліфікацію і працевлаштування інвалідів відповідно до медичних рекомендацій, встановити на їх прохання неповний робочий день або неповний робочий тиждень та створити пільгові умови праці. Залучення інвалідів до надурочних робіт та робіт у нічний час без їх згоди не допускається (статті 55, 63).(Стаття 172 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93).

Стаття 173. Відшкодування шкоди в разі ушкодження здоров'я працівників

Шкода, заподіяна працівникам каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, відшкодовується у встановленому законодавством порядку. (Стаття 173 із змінами, внесеними згідно із Законом N 3694-12 від 15.12.93, в редакції Закону N 429-IV від 11.02.2003) (Статтю 173-1 виключено на підставі Закону N 1356-XIV від 24.12.99).

4.3 Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".

Цей Закон відповідно до Конституції України та Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування визначає правову основу, економічний механізм та організаційну структуру загальнообов'язкового державного соціального страхування громадян від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які призвели до втрати працездатності або загибелі застрахованих на виробництві (далі - страхування від нещасного випадку). Страхування від нещасного випадку є самостійним видом загальнообов'язкового державного соціального страхування, за допомогою якого здійснюється соціальний захист, охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності.

Стаття 2. Сфера дії Закону

Дія цього Закону поширюється на осіб, які працюють на умовах трудового договору (контракту) на підприємствах, в установах, організаціях, незалежно від їх форм власності та господарювання (далі - підприємства), у фізичних осіб, на осіб, які забезпечують себе роботою самостійно, та громадян - суб'єктів підприємницької діяльності. Особи, право яких на отримання відшкодування шкоди раніше було встановлено згідно із законодавством СРСР або законодавством України про відшкодування шкоди, заподіяної працівникам внаслідок травмування на виробництві або професійного захворювання, пов'язаних з виконанням ними трудових обов'язків, мають право на забезпечення по страхуванню від нещасного випадку відповідно до цього Закону. (Статтю 2 доповнено частиною другою згідно із Законом N 2272-III від 22.02.2001).

Стаття 4. Законодавство про страхування від нещасного випадку

Законодавство про страхування від нещасного випадку складається із Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, цього Закону, Кодексу законів про працю України , Закону України "Про охорону праці" та інших нормативно-правових актів. Якщо міжнародним договором України, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені законодавством про страхування від нещасного випадку, то застосовуються норми міжнародного договору.

4.4 Інструкція з охорони праці електромонтерів при випробуванні, фазуванні і знаходженні місця пошкодження на кабельних лініях до та понад 1000 В, та проколі кабельної лінії перед ремонтними роботами

Загальні положення

Дія інструкції поширюється на електромонтерів виконуючих роботи по випробуванню, фазуванні і знаходженні місця пошкодження на кабельних лініях до та понад 1000В та проколі кабельної лінії перед ремонтними роботами (далі - електромонтер), виробничого підрозділу кабельних мереж, (далі – ВПКМ), Служби енергетичного забезпечення та зв'язку комунального підприємства «Київпастрас», (далі – СЕЗ та З), з використанням пересувної електровимірювальної лабораторії (далі - ПЕЛ).

Інструкція розроблена на основі НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві», НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», НПАОП 1.1.10-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів», НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», НПАОП 60.2--1.01-06 «Правила охорони праці на міському електричному транспорті», НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», НАПБ А.01-0.01-14 «Правил пожежної безпеки в Україні».

За невиконання даної інструкції працівник несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну чи кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством.

За даною інструкцією працівник інструктується перед початком роботи (первинний інструктаж), а потім через кожні 3 місяці (повторний інструктаж). Результати інструктажу заносяться в журнал реєстрації навчання та інструктажів з питань охорони праці особою, яка проводила інструктаж. При цьому обов'язкові підписи, як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував.

До виконання робіт по випробуванню, фазуванню та ЗМП з використанням ПЕЛ допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли спеціально підготовку і перевірку знань схем випробувань та мають практичний досвід проведення випробувань в умовах діючих електроустановок, одержаний в період стажування тривалістю не менше 1 місяця. Вказані особи повинні мати групу з електробезпеки не нижче III, пройти щорічне медичне обстеження, перевірку знань з ПТЕЕС, ПБЕЕС, пожежної безпеки та нормативних документів підприємства.

Повторна перевірка знань з питань охорони праці працівників проводиться щорічно. Якщо працівник при перевірці знань з охорони праці показав незадовільні знання, він до самостійної роботи не допускається, а проходить додаткове навчання і в місячний термін підлягає повторній перевірці знань. При незадовільних результатах повторної перевірки знань працівник до роботи не допускається і працевлаштовується згідно з чинним законодавством.

При виконанні робіт з використанням ПЕЛ працівник повинен:

- знати загальні правила охорони праці та правила безпеки при виконанні робіт з використанням ПЕЛ;

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;

- не допускати в робочу зону сторонніх осіб;

- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником і по якій проінструктований;

- знати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за колег по роботі;

- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці;

- вміти надавати медичну допомогу потерпілим при нещасних випадках;

- вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння;

- користуватися спецодягом і засобами індивідуального захисту;

- утримувати робоче місце в чистоті і порядку.

Основні шкідливі та небезпечні фактори, які діють на працівника при виконанні робіт з використанням ПЕЛ:

- машини і механізми, що рухаються;

- ураження електричним струмом.

Працівники безкоштовно забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту у відповідності до діючих «Відомчих норм безкоштовної видачі спецодягу та засобів індивідуального захисту електричних мереж та колективного договору».

Кожна ПЕЛ має в наявності такі засоби індивідуального захисту:

- показчик напруги вище 1000 В;

- показчик напруги до 1000 В;

- ізольована штанга вище 1000 В;

- діелектричні рукавиці, 2 пари;

- діелектричні боти;

- комплект плакатів безпеки;

- комплект універсальних пристроїв для кабельних мереж;

- захисні каски. По 1 шт. на кожного члена бригади;

- захисну маску;

- діелектричний килим.

Роботи з використанням ПЕЛ виконуються за нарядом.

До роботи забороняється допускати працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання.

Вимоги безпеки перед початком робіт.

Роботи по випробуванню, ЗМП та фазуванню на кабельних лініях проводяться після виконання організаційних та технічних заходів, які забезпечують безпечне проведення робіт, а саме:

- 1) призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- 2) оформлення наряду-допуску;
- 3) підготовка робочого місця;
 - здійснення необхідних відключень і вжиття заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
 - вивішування заборонних плакатів на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
 - перевірка відсутності напруги на струмопровідних частинах, які треба заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
 - встановлення заземлень.
 - огороження робочих місць та струмопровідних частин, що залишилися під напругою;
 - вивішування на огороженнях плакатів безпеки.
- 4) допуск до роботи.

Допуск по наряді на випробування надається тільки після здачі нарядів іншими бригадами, працюючими на обладнання або ділянці під'єднання, котрі підлягають випробуванню.

Перед виконанням робіт з використанням ПЕЛ необхідно вжити такі заходи:

- перевірити наявність та справність засобів індивідуального захисту, пристосувань, інструменту та обладнання ПЕЛ. При виявленні відсутності, або несправності засобів індивідуального захисту, пристосувань, інструменту та обладнання ПЕЛ повідомити керівника робіт, майстра, або начальника ділянки.
- огородити місце випробування, з'єднувальні дроти, та ПЕЛ. Як що місце випробування або з'єднувальні дроти не можливо огородити, поруч з ними виставляється наглядч. Обов'язки наглядча може виконувати особа, котра

виконує під'єднання високовольтних дротів ПЕЛ до обладнання, яке випробовується. Огородження встановлюється персоналом бригади, яка проводить випробування. Відстань від тимчасових огорож до струмовідних частин випробувального устаткування та об'єктів випробування повинна бути не меншою 1м.

- вивісити попереджувальні плакати «Випробування небезпечно для життя »;
- з'єднати корпус ПЕЛ з контуром заземлення, або заземляючим пристроєм мідним гнучким не ізольованим (з прозорою ізоляцією) проводом з поперечним перерізом не менше 10мм² в такій послідовності: спочатку під'єднати провод до контуру заземлення, а потім до корпусу ПЕЛ;
- вивести сторонніх людей з випробувального поля, якщо їх присутність не передбачено програмою випробувань;
- перевірити пристрої блокування, сигналізації та захисту;
- провести інструктаж працівників які беруть участь у випробуванні перед початком робіт.

Під час наближення грози слід припинити всі роботи у відкритих розподільчих установках та на відкритих ділянках, а в закритих розподільчих установках роботи на вводах і комутаційних пристроях з'єднаних з повітряними лініями.

Вимоги безпеки під час роботи.

При випробуванні кабельної лінії протилежний кінець кабелю повинен знаходитись в зачиненій комірці розподільчої установки і вивішений плакат «Стій-напруга». Якщо кінець кабелю не можливо зачинити, біля нього виставляється наглядач.

Перед подачею випробувальної напруги на кабельну лінію необхідно:

- заземлити високовольтний провід випробувальної установки;
- під'єднати високовольтний провід до заземленої кабельної лінії, яку треба випробувати;
- зняти заземлення з кабелю та з високовольтного проводу. Після цього кабельна лінія і випробувальна установка вважаються такими що знаходяться під напругою і внесення будь-яких змін у випробувальній схемі забороняється;

- попередити працівників про подачу випробувальної напруги та отримати підтвердження;
- ввімкнути живлення випробувальної установки;
- проводити випробування згідно технологічних інструкцій.

Всі операції по збиранню і розбиранню схем випробування слід виконувати в діелектричних рукавицях стоячи на ізольованій поверхні.

Вимірювання опору ізоляції кабельної лінії мегомметром дозволяється виконувати навченим особам електротехнічного персоналу які мають групу з електробезпеки не нижче III. Для вимірювання опору ізоляції кабельної лінії використовується мегомметром з вихідною напругою 2500 В.

Вимірювання опору ізоляції кабельної лінії може виконуватись тоді, коли кабель відключений з обох сторін і з нього знятий ємнісний заряд.

Перед проведенням перевірки спів падіння фаз треба впевнитись в справності та безпечності пристрою для фазування.

Перевірку спів падіння фаз виконувати на відключеному лінійному роз'єднувачі в діелектричних рукавицях стоячи на ізольованій поверхні.

При неспівпадінні фаз перехреснування жил кінцевої муфти слід виконувати на вимкненій і заземленій з обох сторін кабельній лінії.

Прокол кабелю виконує керівник робіт або наглядач під його наглядом. Проколювати кабель слід в діелектричних рукавичках і користуватись захисними окулярами. Стояти під час проколювання потрібно на ізольованій основі зверху траншеї, якнайдалі від проколюваного кабелю.

Для заземлення пристосування для проколу використовують спеціальний заземлювач, що заглиблюється в ґрунт на глибину, не меншу 0,5 м, або броня кабелю. Заземлювальний провідник приєднується до броні за допомогою хомутів; броне стрічку під хомутом слід очищувати. Якщо броне стрічка піддавалася корозії, допускається приєднання заземлювального провідника до металевої оболонки.

При ЗМП та прослуховуванні траси кабельної лінії треба виконувати правила дорожнього руху, одягнути поверх спецодягу сигнальну жилетку. При собі мати службове посвідчення.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення робіт по випробуванню необхідно:

- відключити живлення випробувальної установки;
- заземлити високовольтний провід випробувальної установки;
- заземлити кабельну лінію яка випробовувалась;
- від'єднати високовольтний провід від кабельної лінії;
- від'єднати заземлюючий провідник від корпусу ПЕЛ;
- від'єднати заземлюючий провідник від контура заземлення.

Робочому місцю слід надати належного стану. Зняти тимчасові огороження і плакати, зняти встановленні бригадою заземлення, встановити на місце стаціонарні огороження і плакати, закрити на замки комірki розподільних установок.

Наряд може бути закритим лише після огляду устаткування і місць роботи, перевірки відсутності людей, сторонніх предметів і інструменту на робочих місцях і у разі надання належної чистоти.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виконанні робіт по випробуванню, фазуванню і ЗМП кабельних ліній можуть виникнути такі найбільш характерні аварійні ситуації:

- ураження електричним струмом;
- поранення при застосуванні несправного інструменту та пристосувань;
- опіки при виникненні електричної дуги;
- обмороження при тривалому перебуванні на трасі кабельної лінії;
- загорання обладнання ПЕЛ та підстанції в наслідок короткого замикання.

При виникненні аварійної ситуації необхідно негайно відключити живлення ПЕЛ кнопкою аварійного відключення, або загальним вимикачем, припинити всі роботи, огородити небезпечну зону, не допускати в неї сторонніх осіб, повідомити про те, що сталося, керівника робіт, та головного диспетчера по телефону.

Якщо стався нещасний випадок, надавати потерпілому першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу по телефону №103.

При виникненні пожежі викликати пожежну частину по телефону №101, та приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння.

В усіх випадках виконувати вказівки керівника.

Послідовність надання першої допомоги:

Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

За відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати «швидку медичну допомогу» -- за телефоном №103.

Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

При передбачуваному переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку зі льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку. При підозрі перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи

його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну.

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору ;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то, не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);

- при сильній кровотечі, яку неможна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати «швидку медичну допомогу» -- за телефоном №103.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі було розглянуто комплекс питань, пов'язаних з охороною праці та безпекою життєдіяльності при виконанні робіт з діагностики та ремонту підземних комунікацій. Проаналізовано основні державні акти, зокрема Конституцію України, Кодекс законів про працю та Закон про загальнообов'язкове

соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві. Ці документи законодавчо гарантують права працівників на безпечні і нешкідливі умови праці, соціальний захист, а також чітко регламентують обов'язки роботодавця щодо забезпечення робочих місць засобами індивідуального захисту, проведення медоглядів та розслідування нещасних випадків.

Детально опрацьовано інструкцію з охорони праці для електромонтерів під час випробувань, фазування та пошуку пошкоджень кабельних ліній з використанням пересувних електролабораторій (ПЕЛ). Визначено суворі організаційні та технічні заходи, яких необхідно дотримуватися: оформлення наряду-допуску, перевірка відсутності напруги, встановлення заземлення, огороження небезпечної зони та обов'язкове використання діелектричних засобів індивідуального захисту (рукавиць, ботів, килимків тощо).

Окрему увагу приділено алгоритмам дій персоналу у разі виникнення аварійних ситуацій, зокрема ураження струмом чи загоряння обладнання внаслідок короткого замикання. Описано правила надання першої долікарської допомоги потерпілим при електротравмах, опіках, переломах та кровотечах. Володіння цими навичками є критично важливим фактором для збереження життя та здоров'я працівників до прибуття швидкої медичної допомоги.

Отже, неухильне дотримання розглянутих вимог законодавства, посадових інструкцій та правил техніки безпеки є абсолютно необхідною умовою під час експлуатації та ремонту високовольтних кабельних ліній. Це дозволяє попередити виникнення аварій, мінімізувати ризики виробничого травматизму та гарантувати безпеку персоналу під час проведення діагностичних робіт.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

У кваліфікаційній бакалаврській роботі було вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає у дослідженні, розробці та обґрунтуванні методів діагностики й засобів автоматизованого захисту підземних кабельних ліній від електрохімічної корозії, спричиненої дією «блукаючих струмів». Проведений аналіз підтвердив, що ключовим фактором прискореного зносу металевих оболонок кабелів напругою 0,6 кВ та 10 кВ є струми витоку з рейкових мереж міського електротранспорту. Встановлено, що найбільш інтенсивне електролітичне руйнування відбувається в анодних зонах, де струм стікає в ґрунт, а швидкість цього процесу безпосередньо залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтового електроліту.

Для забезпечення надійності експлуатації мереж обґрунтовано використання мобільних електротехнічних лабораторій типу КАЕЛ та ЕТЛ, які укомплектовані сучасними рефлектометрами, генераторами акустичних хвиль та індукційними приймачами. Такі комплекси дозволяють реалізовувати двоступеневу схему пошуку пошкоджень: від попередньої локалізації імпульсним методом до точного топографічного визначення місця дефекту на трасі. В межах технічного забезпечення роботи лабораторії виконано розрахунок параметрів силового випробувального трансформатора, за результатами якого обрано модель ТМПУ 2000/10, а також розраховано струми уставки захисних автоматів, що гарантує безпеку обладнання при виникненні коротких замикань.

Центральним результатом роботи стала розробка структури автоматизованої системи захисту, яка базується на використанні посиленого електродренажу та автоматичних катодних станцій. Запропоновано застосування вольтододаючих пристроїв на основі статичних перетворювачів із тиристорним керуванням. Така система дозволяє в автоматичному режимі регулювати захисний потенціал залежно від зміни тягових навантажень та параметрів середовища, підтримуючи еквіпотенціальність пунктів приєднання без участі оператора.

Додатково в роботі було детально опрацьовано норми охорони праці та техніки безпеки при роботі з високовольтним діагностичним устаткуванням. Сформовано чіткі інструкції щодо організаційних заходів та надання першої

допомоги, що є критично важливим для збереження життя персоналу в аварійних ситуаціях. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості впровадження комплексного підходу до діагностики та захисту, що дозволить значно подовжити термін служби підземних комунікацій та мінімізувати економічні втрати на їх ремонт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електрохімічний захист підземних трубопроводів та кабелів від корозії / [Бойко В.І., Ткаченко В.М.]: Підручник. — Київ: 2008. — 312 с.
2. Автоматизація технологічних процесів та установок / [Попович М.Г., Ковальчук О.В.]: Підручник. — Київ: 2008. — 400 с.
3. Автоматизовані системи управління катодним захистом / [Мельник В.І., Коваленко О.С.]: Монографія. — Харків: 2018. — 198 с.
4. Автоматичні катодні станції: розрахунок та експлуатація / [Павленко В.І., Мороз О.С.]: Навчально-практичний посібник. — Полтава: 2019. — 144 с.
5. Алгоритми цифрової обробки сигналів у рефлектометрії / [Круглов В.І., Симоненко О.П.]: Монографія. — Харків: 2019. — 210 с.
6. Аналіз ефективності електродренажного захисту / [Михайленко О.В.] // Науковий вісник будівництва. — 2019. — № 1. — С. 112–118.
7. Безпека життєдіяльності та охорона праці / [Желібо Є.П., Заверуха Н.М.]: Підручник. — Київ: 2018. — 344 с.
8. Блукаючі струми та їх вплив на підземні інженерні мережі / [Григоренко С.М.]: Монографія. — Одеса: 2013. — 184 с.
9. Вимірювальні комплекси для пошуку пошкоджень ізоляції / [Іванов С.В., Кравчук О.П.]: Навчальний посібник. — Вінниця: 2017. — 210 с.
10. Вплив блукаючих струмів на підземні кабельні лінії / [Сидоренко М.М.]: Навчально-методичний посібник. — Дніпро: 2016. — 156 с.
11. Вплив тягових мереж міського електротранспорту на корозію комунікацій / [Корольов А.В.] // Вісник електромеханіки. — 2018. — № 4. — С. 45–52.
12. Діагностика високовольтних кабельних ліній / [Петренко Ю.М., Іванов О.В.]: Навчальний посібник. — Київ: 2019. — 288 с.
13. Діагностика пошкоджень кабельних ліній електропередачі / [Мельник О.В., Савченко М.І.]: Підручник. — Київ: 2014. — 256 с.
14. ДСТУ Б В.2.5-29:2006. Система газопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Захист від корозії / [Держбуд України]: Стандарт. — Київ: 2006. — 85 с.
15. ДСТУ EN 12954:2019. Катодний захист металевих споруд. Загальні принципи

та застосування (EN 12954:2001, IDT) / [ДП «УкрНДНЦ»]: Стандарт. — Київ: 2020. — 56 с.

16. ДСТУ EN 50162:2014. Захист від корозії, спричиненої блукаючими струмами від систем постійного струму / [ДП «УкрНДНЦ»]: Стандарт. — Київ: 2015. — 42 с.

17. Експлуатація та ремонт кабельних ліній напругою до 10 кВ / [Сидоренко О.М.]: Практичний посібник. — Харків: 2012. — 198 с.

18. Електричний транспорт і блукаючі струми: проблеми та рішення / [Данилов В.В., Романенко І.Г.]: Монографія. — Харків: 2011. — 205 с.

19. Електропостачання міського електротранспорту / [Сергієнко В.М.]: Підручник. — Дніпро: 2014. — 280 с.

20. Електрохімічна корозія металів / [Шаповал В.І.]: Монографія. — Київ: 2006. — 270 с.

21. Електрохімічний захист підземних комунікацій / [Акімов Г.В., Марченко О.А.]: Навчальний посібник. — Львів: 2015. — 245 с.

22. Електрохімічний захист від корозії / [Ткаченко В.М., Остапенко В.О.]: Навчальний посібник. — Харків: 2010. — 215 с.

23. Захист від корозії міських підземних мереж / [Тарасенко О.М., Білоус В.І.]: Підручник. — Львів: 2011. — 215 с.

24. Захист підземних металевих споруд від корозії / [Стрижевський І.В., Суворов А.Д.]: Довідник. — Київ: 2005. — 312 с.

25. Інформаційно-вимірювальні системи в електроенергетиці / [Кухарчук В.В., Володарський Є.Т.]: Навчальний посібник. — Вінниця: 2016. — 240 с.

26. Кабельні лінії та їх діагностика / [Степаненко В.П., Гончар О.А.]: Підручник. — Запоріжжя: 2016. — 310 с.

27. Корозійна стійкість металів у ґрунтових умовах / [Панасюк В.В., Похмурський В.І.]: Монографія. — Львів: 2012. — 340 с.

28. Корозія та захист металів / [Розенфельд І.Л., Першина К.Д.]: Підручник. — Львів: 2011. — 420 с.

29. Корозія та захист підземних металевих споруд / [Ткаченко В.М., Бойко В.І., Смирнов О.П.]: Підручник. — Київ: 2012. — 380 с.

30. Методи знаходження місць пошкоджень силових кабелів / [Тарасов В.О.]: Практичний посібник. — Одеса: 2015. — 160 с.

31. Мікропроцесорні системи управління катодним захистом / [Боднар О.В., Левченко М.М.]: Монографія. — Київ: 2020. — 230 с.
32. Моделювання поширення блукаючих струмів у ґрунті / [Кравченко Ю.В., Литвин О.М.] // Технічна електродинаміка. — 2017. — № 3. — С. 67–74.
33. Моніторинг потенціалів кабелів у реальному часі / [Дяченко О.В.] // Системи обробки інформації. — 2018. — № 4. — С. 88–95.
34. Обладнання пересувних електротехнічних лабораторій / [Зозуля В.А., Клименко О.М.]: Довідник. — Полтава: 2017. — 180 с.
35. Охорона праці в електроенергетиці / [Ткачук К.Н., Полукаров О.І.]: Підручник. — Київ: 2011. — 416 с.
36. Пересувні електротехнічні лабораторії: будова та експлуатація / [Макаренко В.Д.]: Навчальний посібник. — Львів: 2015. — 165 с.
37. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98) / [Держнаглядохоронпраці]: Нормативний документ— Київ: 1998 — 386 с.
38. Прилади для безконтактного пошуку пошкоджень у кабелях / [Руденко В.С., Смірнов В.В.]: Навчальний посібник. — Київ: 2012. — 150 с.
39. Проектування мікроконтролерних систем управління / [Ткачук А.А.]: Підручник. — Тернопіль: 2015. — 265 с.
40. Розробка автоматизованої системи моніторингу корозії / [Демченко М.В., Захаров О.І.] // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2020. — № 2. — С. 34–41.
41. Сенсорні мережі у промисловій автоматизації / [Волошин О.В., Рибальченко М.В.]: Навчальний посібник. — Київ: 2019. — 220 с.
42. Системи автоматизованого контролю електрохімічного захисту / [Коваленко О.О., Шевченко В.П.]: Монографія. — Харків: 2016. — 215 с.
43. Системи захисту від корозії на базі відновлюваних джерел енергії / [Гнатюк М.І., Лисенко В.М.] // Енергетика та електрифікація. — 2021. — № 5. — С. 22–29.
44. Статичні перетворювачі для систем катодного захисту / [Костюк В.О.]: Навчальний посібник. — Харків: 2018. — 190 с.
45. Техніка високих напруг / [Костенко М.В., Кадомська К.П.]: Підручник. — Харків: 2010. — 450 с.

46. Cathodic Protection of Underground Structures / [Peabody A.W.]: Textbook. — Houston: 2001. — 430 c.
47. Corrosion and Protection / [Baeckmann W., Schwenk W., Prinz W.]: Monograph. — Weinheim: 1997. — 580 c.
48. EN 13509:2003. Cathodic protection measurement techniques / [CEN]: Standard. — Brussels: 2003. — 48 c.
49. IEC 62128-2:2013. Railway applications - Fixed installations - Provisions against the effects of stray currents / [IEC]: Standard. — Geneva: 2013. — 60 c.
50. Stray Current Corrosion in Electrified Rail Systems / [Cotton I., Charalambous C.A.]: Monograph. — London: 2012. — 315 c.