

14R-5245

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕС-22мз
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітня програма «Електричні станції»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Чурик Я. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСС

Лесько В. О.
(прізвище та ініціали)

« 07 » 06 2024 р.

Опонент: Доктор ЕСФЕМ

к.т.н., доц. Чурика М. В.
(прізвище та ініціали)

« 07 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., проф. Комар В. О.

(прізвище та ініціали)

« 07 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електричні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

11.03 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кашук Яні Анатоліївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній».

керівник роботи к.т.н., доц., каф. ЕСС Лесько В. О.

затверджена наказом вищого навчального закладу №81 від 11.03.2024р.

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2024р.

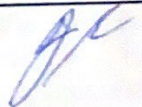
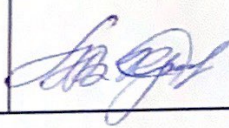
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання. Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: Розподільні електричні мережі :лабораторний практикум / М. О. Головатюк, Ж. І. Остапчук, Н. В. Бобчук.- Вінниця : ВНТУ, 2010.-57 с., Рубаненко О.Є. Високовольтні вводи. Конструкція, експлуатація, діагностика і ремонт : монографія / О. Є. Рубаненко, О. І. Гуменюк Вінниця: ВНТУ, 2011. – 183 с., Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 216 с., Алексеев Б.А. Аналіз результатів моніторингу паперово- оливної ізоляції конденсаторного типу енергетичного обладнання О.О. Рубаненко, І. І. Смагло. Режим доступу до журн.: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2013/ineeem/txt/smaglo.pdf>.

4. Види та методи визначень місць пошкодження кабельних ліній. Засоби визначень місць пошкоджень. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1 Види та методи визначень місць пошкодження кабельних ліній. Засоби визначень місць пошкоджень. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Лесько В. О., к.т.н., доц., кафедри ЕСС		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н. доц. каф. ЕСС Лесько В. О.		
Економічна частина	Остра Н. В., к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

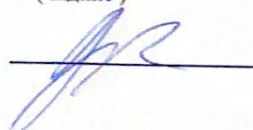
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи		Пр мі
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	17.01.24	20.01.24	ви
2	Прогнозування навантаження	21.01.24	01.03.24	ви
3	Види та методи визначень місць пошкодження кабельних ліній	02.03.24	22.03.24	ви
4	Засоби визначень місць пошкоджень	23.03.24	15.04.24	ви
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.04.24	01.05.24	ви
6	Економічна частина	02.05.24	12.05.24	ви
7	Оформлення пояснювальної записки	13.05.24	21.05.24	ви
8	Виконання графічної/ілюстративної частини та оформлення презентації	13.05.24	21.05.24	ви
9	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	22.05.24	24.05.24	ви
10	Рецензування МКР	25.05.24	01.06.24	ви
11	Захист МКР	За графіком		

Студент


(підпис)

Я. А. Кашук

Керівник роботи



В. О. Лесько

АНОТАЦІЯ

Кашук Я. А. «Діагностика кабельних ліній напругою 6-10 кВ». Дипломна робота – Вінниця : ВНТУ 2024 – 90с.Бібліогр. 17. Рис. :30. Табл. :21 .

В даній магістерській роботі досліджено методи та засоби пошуку місць пошкоджень кабельних ліній.

Досліджена лабораторія електротехнічна пересувна комбінована ЕТЛ-35К. Живлення ЕТЛ-35К виробляється від промислової однофазної мережі 220В, 50 Гц. Допускається живлення ЕТЛ-35К від автономного генератора електропостачання відповідної потужності. Апаратура і пристрої ЕТЛ-35К розраховані на експлуатацію в районах з помірним кліматом.

А також виконано порівняння допустимих значень та вимірювальних на різних відрізках кабельної лінії цією лабораторією.

ANNOTATION

Kashchuk Ya. A. "Diagnostics of cable lines with a voltage of 6-10 kV." Diploma thesis - Vinnytsia: VNTU 2024 - 90 p. Bibliogr. 17. Fig. :30. Table :21.

In this master's thesis, the methods and means of finding places of damage to cable lines are investigated.

The studied electrotechnical mobile combined ETL-35K laboratory. ETL-35K is powered by an industrial single-phase 220V, 50 Hz network. It is allowed to power the ETL-35K from an autonomous power supply generator of the appropriate capacity. ETL-35K equipment and devices are designed for operation in areas with a moderate climate.

A comparison of permissible values and measured values on different sections of the cable line was also performed by this laboratory.

Зміст

Вступ.....	5
1. Види та методи визначень місць пошкодження кабельних ліній.....	7
1.1 Види пошкоджень кабельних ліній.....	7
1.1.1. Однофазні пошкодження.....	7
1.1.2. Міжфазні пошкодження.....	7
1.1.3. Розтяжка жил кабельних ліній.....	8
1.1.4. Пошкодження ізолюючої пластмасової зовнішньої оболонки кабельних ліній.....	8
1.1.5. Попереднє визначення виду пошкодження кабельних ліній.....	8
1.2. Методи визначень місць пошкоджень.....	9
1.2.1. Відносні методи.....	9
1.2.1.1. Імпульсний метод.....	9
1.2.1.2. Метод коливального розряду.....	12
1.2.1.3. Хвильовий метод.....	14
1.2.1.4. Петлевий метод.....	16
1.2.2. Абсолютні методи.....	17
1.2.2.1 Акустичний метод.....	17
1.2.2.2 Індукційно-імпульсний метод.....	28
1.2.2.3 Індукційний метод.....	29
1.2.2.4 Електроакустичний метод.....	41
2. Засоби визначень місць пошкоджень.....	43
2.1. Устаткування і прилади.....	43
2.2. Лабораторія ЕТЛ-35К.....	43
2.3. Пропалювання ізоляції силових кабелів.....	54
2.4. Випробування кабельних ліній.....	60
3. Охорона праці.....	68
4. Економічна частина.....	79
Висновок.....	87
Література.....	89
ДОДАТОК А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	90
ДОДАТОК Б. Технічне завдання МКР.....	91
ДОДАТОК Г. Ілюстративна частина.....	95

ВСТУП

Актуальність теми. Кабельні лінії - одна з найвідповідальніших ланок в системі надійного забезпечення споживачів електричною енергією. Вони виконуються за допомогою різних інженерних споруд (траншеї, тунелі, блоки та інші) з метою забезпечення архітектурних та технічних вимог, тому це і зумовлює їх особливість функціонування в умовах експлуатації. Крім цього, вони капіталоемніші, порівняно з повітряними лініями електропередачі, потребують високо кваліфікованого персоналу та складного і дорогого обладнання для технічного обслуговування і ремонтів.

Використання діагностування дозволяє проводити ремонтно-відновлювальні роботи кабельних ліній із урахуванням їх технічного стану, тобто в тих випадках, коли порушення будь-якого елемента конструктивного виконання лінії сягає значень, при яких подальша робота може призвести до відмови будь-якого елемента.

Об'єкт дослідження: Метод діагностування кабельної мережі.

Наукова новизна: Визначення методу діагностування кабельної лінії що дозволяє завчасно визначити проблему і її усунути.

Практичне значення: діагностування дозволяє забезпечити найбільш економічну експлуатацію кабельних ліній, як одного з основних елементів розподільних мереж, при заданому рівні надійності та скорочення до мінімуму витрат на технічний ремонт та обслуговування. Це досягається визначенням технічного стану, що дозволяє своєчасно попередити відмови, зменшити термін простою через пошкодження, проводити комплекс заходів із підтримки функціонування кабельних ліній.

Основні задачі: діагностування кабельних ліній полягає в отриманні достовірної інформації про їхній технічний стан. Технічний стан кабельної лінії може бути такий:

- режим нормального функціонування, робота під діючою напругою;
- лінія відімкнена — явних пошкоджень ізоляції, струмоведучих жил,

кінцевих муфт немає. Необхідно провести технічне обслуговування, тобто оцінити параметри лінії;

Об’єктом дослідження є кабельні мережі.

Предметом дослідження є методів визначень місць пошкодження кабельних ліній.

Методи дослідження. Для аналізу та розв’язання поставленої задачі використано методи математичного моделювання. Реалізація розрахунків в даній роботі забезпечувалась використанням прикладних програм, зокрема «ВТРАТИ-110» [14].

Наукова новизна полягає у підтвердженні впливу електромагнітних перешкод на роботу електрообладнання.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст магістерської роботи, отримані автором самостійно.

Результати теоретичних досліджень, що викладені були отримані у Вінницькому національному технічному університеті.

Апробація результатів МКР. Основні положення роботи та її результати доповідалися й обговорювалися на науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця, 2024).

1 ВИДИ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

1.1 Види пошкоджень кабельних ліній

Порушення електричної міцності ізоляції відбувається по різних причинах. Основними із них являються: механічні чи корозійні пошкодження захисної оболонки (свинцевої, алюмінієвої, пластмасової), що призводить до порушення герметичності та попадання вологи в ізоляцію; заводські дефекти (тріщини чи наскрізні отвори в захисних оболонках); дефекти монтажу з'єднувальних і кінцевих муфт кабелів (непропаяні шийки муфт, надломи ізоляції, неповний залив мастікою і т.п.); осушення ізоляції внаслідок місцевих перегрівів кабелів; старіння ізоляції.

1.1.1 Однофазні пошкодження

Однофазні пошкодження - найпоширеніший вид пошкодження силових кабельних ліній напругою 6-10 кВ. При цьому виді пошкоджень одна з жил кабелю замикається на його оболонку, що екранує. Однофазні пошкодження можна розділити на три групи за значенням перехідного опору в місці замикання. До першої групи відносяться пошкодження з перехідним опором, рівним десяткам і сотням Мом (запливаючий пробій). До другої групи відносяться пошкодження з перехідним опором від одиниць Ом до сотень кілоОм і до третьої групи – пошкодження з опором, близьким до нуля.

1.1.2 Міжфазні пошкодження

Міжфазні пошкодження складають близько 20% усіх видів пошкоджень кабельних ліній. Їх можна розділити на дві групи. До першого відносяться пошкодження з перехідним опором у місці дефекту, близьким до нуля, і до другої групи - з опором від одиниць кілоОм до сотень мегаОм. У першому випадку часто всі три жили зварюються між собою і з оболонкою, що екранує. При великому струмі короткого замикання кабель може перегоріти на дві частини. При міжфазних

пошкодженнях, що відносяться до другої групи, звичайно між жилами й оболонкою кабелю є перехідний опір і замикання між собою двох жил відбувається через оболонку, що екранує. Замикання двох жил між собою без замикання на оболонку відбувається рідко.

1.1.3 Розтяжка жил кабельних ліній

Даний вид пошкодження утвориться через переміщення шарів ґрунту в місцях розташування муфт, внаслідок чого відбувається витягування жил кабелю, а в муфтах, як правило, розрив жил (розтяжка). Розрив жил кабельних ліній може відбутися й у цілому місці через різні механічні впливи чи заводського браку.

1.1.4 Пошкодження ізолюючої пластмасової зовнішньої оболонки кабельних ліній

У пластмасовій зовнішній захисній оболонці силових кабелів можуть виникати пошкодження, викликані механічними впливами при прокладці кабелю чи переміщенні ґрунту. Волога, що попадає через ці пошкодження на оболонку кабелю, що екранує, викликає її корозію і вихід кабелю з ладу, що може відбутися під робочою напругою. Тому виявлення пошкоджень захисної пластмасової оболонки є важливою задачею. Варто врахувати, що визначити пошкодження даного виду можна тільки в тому випадку, якщо всі муфти на трасі кабелю ізолювані від землі.

1.1.5 Попереднє визначення виду пошкоджень кабельних ліній

В даний час для визначення місця пошкодження силових кабельних ліній використовуються пересувні вимірювальні лабораторії з набором стаціонарно розміщеного устаткування і переносних приладів. Перелік устаткування і приладів, необхідних для визначення місця пошкодження силових кабелів.

Після виконання всіх мір безпеки при роботах на кабельних лініях приступають до визначення виду пошкодження. За допомогою омметра і мегаомметра на розземленому кабелі роблять вимір опору ізоляції між жилами; кожною жилою й оболонкою кабелю. Даними приладами виявляються однофазні і

міжфазні пошкодження з опором у місці дефекту від нуля до сотень кілоОм. При великому опорі часто не вдається визначити вид пошкодження зазначеними приладами, тоді використовують високовольтну випробну установку. По черзі, випробуючи всі три жили кабельної лінії випрямленою напругою постійного струму щодо оболонки кабелю, виявляють вид дефекту кабелю. Таким чином виявляються пошкодження виду: "запливаючий пробій", однофазні і міжфазні, розриви (розтяжки) кабелю, пошкодження в кінцевих ланках.

1.2 Методи визначень місць пошкоджень

Методи визначення відстані від місця виміру (початку кабелю) до місця пошкодження називаються відносними методами. Відносні методи не гарантують високу точність визначення місця пошкодження, але вказують зону, у якій є пошкодження, і дають можливість використовувати в цій зоні абсолютні методи, тобто методи за допомогою яких безпосередньо можна визначити місце пошкодження.

1.2.1 Відносні методи:

1.2.1.1 Імпульсний метод

За допомогою імпульсного методу можна виміряти повну довжину кабельної лінії, визначити відстань до місця пошкодження, що має перехідний опір менше 200 Ом, а також відстань до розривів (розтяжок) жил кабелю.

Принцип імпульсного методу полягає в тому, що в пошкоджену кабельну лінію посилаються імпульси напруги (зондувальні імпульси), що, поширюючись по лінії, частково відбиваються від неоднорідності хвильового опору і повертаються до місця, звідки вони були послані. Схема підключення вимірника з використанням імпульсного методу показана на Рисунок 1.1

Неоднорідності хвильового опору фіксуються на екрані електронно-променевої трубки.

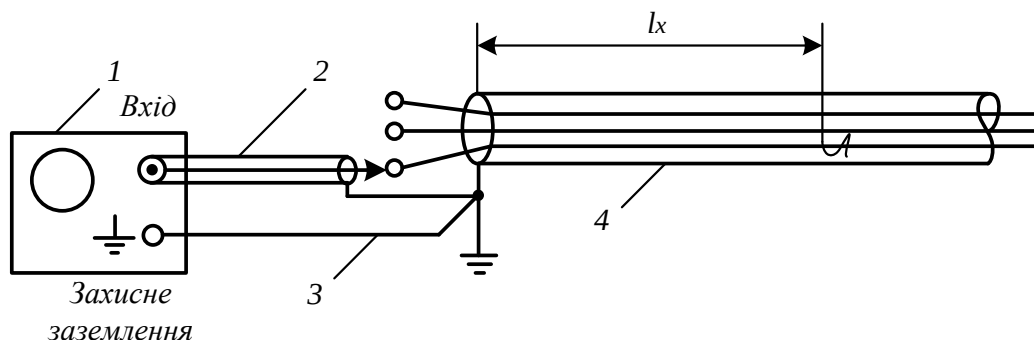
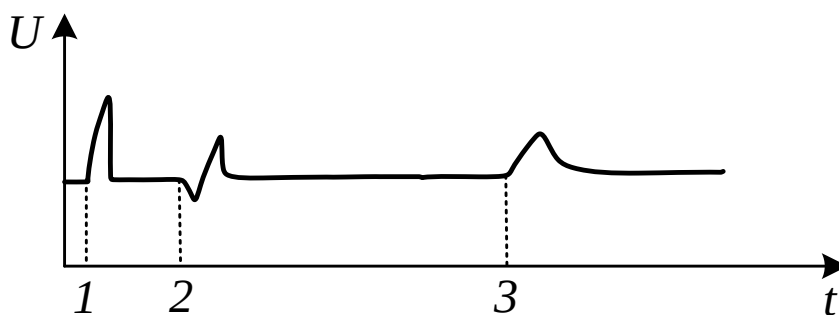


Рисунок 1.1 - Схема підключення вимірника неоднорідності лінії до пошкодженого кабелю:

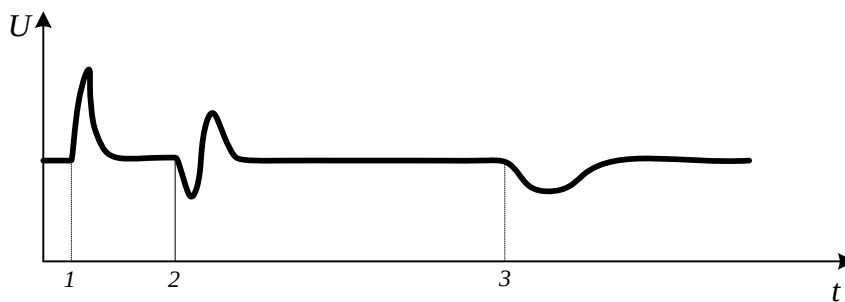
1 - вимірник неоднорідності лінії Р5-10, Р5-11; 2 - сполучний кабель; 3 - провід захисного заземлення; 4 - пошкоджений силовий кабель

Неоднорідності виявляються: у муфтах, що з'єднують кабелі між собою, в однофазних і міжфазні пошкодженнях кабелю з перехідним опором у місці пошкодження менше 200 Ом, у розтяжках жил кабелю, наприкінці кабельної лінії.

Імпульсні характеристики кабельної лінії з різними видами пошкоджень показані на Рисунок 1.2



a)



б)

Рисунок 1.2 - Імпульсна характеристика кабельної лінії при:

а - виміри відстані до обриву чи повної довжини кабелю; б - виміри відстані до короткого замикання в кабелі; 1 - початок кабельної лінії; 2 - відображення імпульсу від муфти; 3 - відображення імпульсу від обриву чи повної довжини кабельної лінії

При визначенні відстані до місця обриву (розтяжки) чи виміри повної довжини кабелю відбитий сигнал від цих неоднорідностей хвильового опору буде мати полярність посланого зондувального імпульсу, тобто викид буде нагору.

При короткому замиканні жили кабельної лінії відбитий сигнал від місця короткого замикання змінює полярність посланого зондувального імпульсу, тобто викид буде вниз. При значних перешкодах (наведення від блукаючих струмів) підключення вимірників здійснюється за схемою: пошкоджена жила - здорова жила.

У випадку якщо неможливо знизити опір у місці пошкодження нижче 200 Ом, можна провести порівняння імпульсних характеристик пошкодженої і непошкодженої жил кабелю.

На тих ділянках імпульсних характеристик, де є помітні розходження, можна припускати наявність пошкодження. У шукачах Р5-10, Р5-11 за допомогою перемикача на електронно-променевій трубці можна побачити імпульсну характеристику будь-якої жили кабелю. У шукачах інших модифікацій (Р5-5, Р5-9) порівняння імпульсних характеристик жил кабелю здійснюється переключенням вимірювального шланга безпосередньо на жилах кабелю.

1.2.1.2 Метод коливального розряду

При визначенні відстані до однофазних місць пошкодження з перехідним опором у місці пошкодження, рівним десяткам і сотням мегаОм ("запливаючий пробій"), використовується метод коливального розряду.

Схема підключення приладів при визначенні відстані до місця "запливаючого пробію" показана на Рисунок 1.3.

За допомогою високовольтної випробної установки на пошкодженій жилі кабелю піднімається напруга до пробію. Коротке замикання в зарядженій жилі кабелю приводить до появи електромагнітних хвиль, що поширюються від місця пробію в місці дефекту до початку і до кінця кабельної лінії. Епюри напруги коливального процесу при пробії зарядженої кабельної лінії, зняті на затисках кабелю, і епюри напруг після диференціювання коливального процесу вхідними ланцюгами вимірника показані на Рисунок 1.4.

Пробій на трасі кабельної лінії відбувається в момент часу t_0 і починає поширюватися до початку лінії з відомою швидкістю $v = 160$ м/мкс. У момент часу t_1 хвиля досягає початку кабелю і запусить вимірник. Відбита хвиля досягне місця пробію в момент часу t_2 і, відбившись від нього, повернеться до початку кабельної лінії в момент часу t_3 і зробить зупинку вимірника. Вимірювана відстань можна обчислити в такий спосіб:

На епюрі коливального процесу при пробії кабельної лінії видні викиди в момент часу t_{n1} і t_{n2} , внаслідок відображення від неоднорідності хвильового опору, що можуть викликати помилкові спрацьовування вимірника, що приведе до неправильного виміру відстані до місця пробію. Для виключення помилкових спрацьовувань у вимірниках передбачається плавна зміна рівня вхідного сигналу і введення імпульсів затримки, що виключають сигнали перешкод.

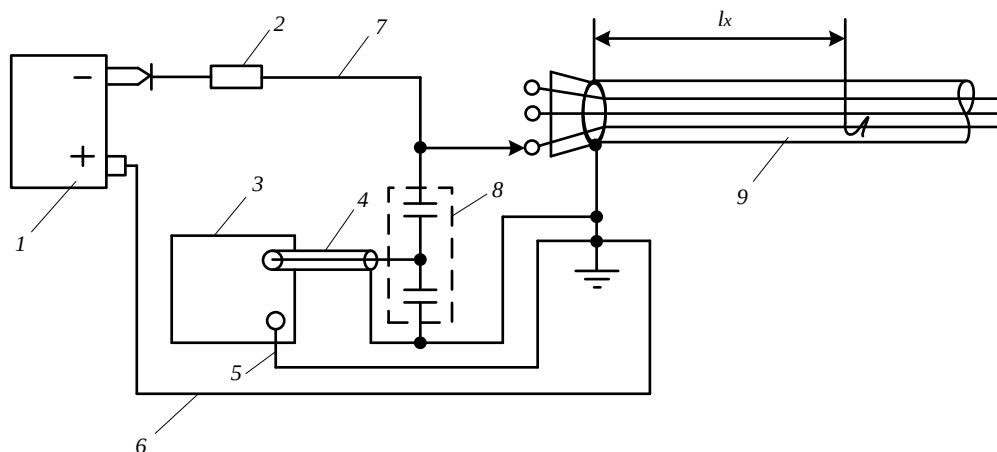


Рисунок 1.3 - Схема підключення приладів при вимірі відстані до місця "запливаючого" пробоя в трифазному кабелі:

1 - високовольтна випробувальна установка; 2 - зарядний резистор; 3 - вимірник відстані до місця пошкодження в кабелі ЦР200; 4 - сполучний кабель; 5 - провід захисного заземлення вимірника ЦР200; 6 - ланцюг заземлення високовольтної випрамної установки; 7 - провід високої напруги; 8 - приєднувальний пристрій; 9 - пошкоджений силовий кабель.

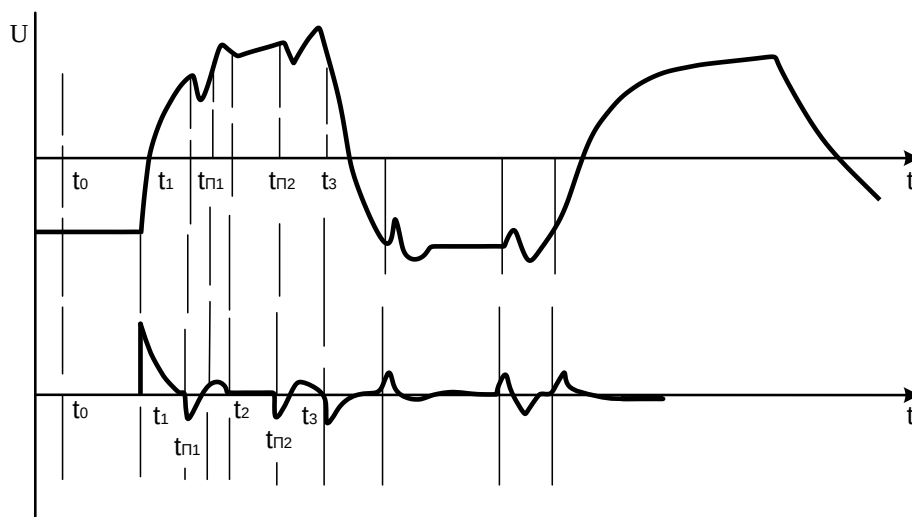


Рисунок 1.4 - Епюри напруг коливального процесу при пробії зарядженої кабельної лінії, зняті на затисках кабелю, і епюри напруг після диференціювання коливального процесу вхідними ланцюгами вимірника:

t_0 - час початку пробою в пошкодженій жилі кабелю; t_1 - час приходу електромагнітної хвилі до початку кабелю; t_{n1} , t_{n2} - час приходу відбитої від неоднорідності електромагнітної хвилі; t_2 - час приходу відбитої хвилі до місця пробою; t_3 - час приходу відбитої від місця пробою електромагнітної хвилі до початку кабелю.

В даний час для виміру відстані до місця пробою ("запливаючий пробій") серійно випускається вимірник відстані до місця пошкодження кабелю ЦР200 замість вимірника, що раніше випускається, Щ4120.

1.2.1.3. Хвильовий метод

Хвильовий метод застосовується у випадку, якщо опір у місці пошкодження складає від нуля Ом до сотень кілоОм. Відстань до місця пошкодження визначається в такий спосіб.

Від високовольтної випрямної установки через зарядний резистор заряджається конденсатор. При пробі чи замиканні (якщо розрядник керований) розрядника в лінію посилається високовольтна електромагнітна хвиля від зарядженого конденсатора, що створює пробій у місці пошкодження кабельної лінії, що викликає хвильовий коливальний процес у ланцюзі конденсатор - лінія.

При досягненні електромагнітною хвилею, посланої від конденсатора, місця пошкодження відбудеться пробій у випадку, якщо опір у місці пошкодження не дорівнює нулю Ом, після чого відбитий від пошкодження фронт хвилі повернеться до місця посилки - конденсатору, відіб'ється від нього і повернеться до місця пошкодження. У випадку, якщо опір у місці пошкодження близько до нуля, пробієм не відбудеться й електромагнітна хвиля буде відбиватися від короткого замикання. Цей процес буде продовжуватися доти, поки за рахунок втрат амплітуда електромагнітної хвилі не згасне.

На епюрах (Рисунок 1.5) показані імпульси напруги, отримані на виході приєднувального пристрою при пробі в місці пошкодження.

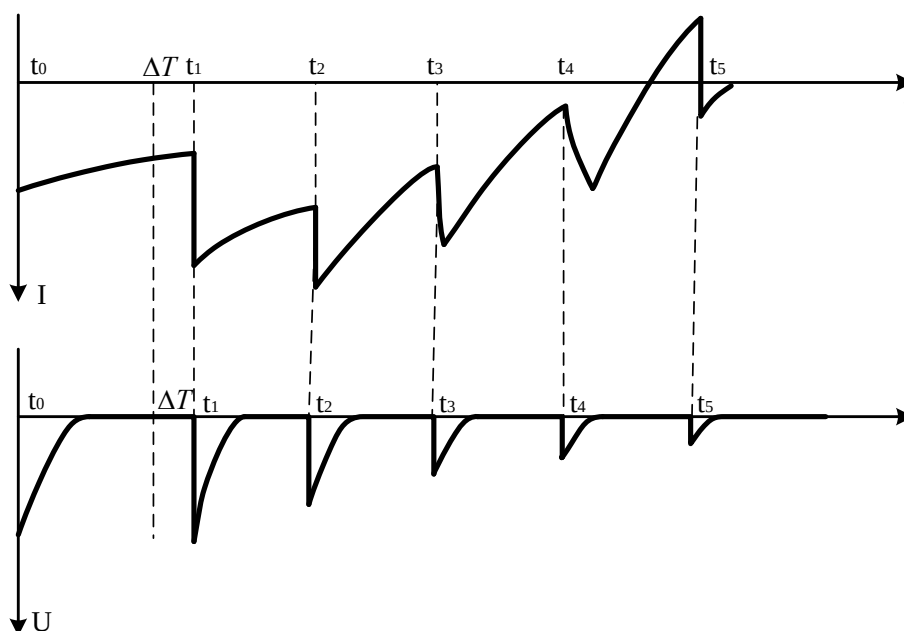


Рисунок 1.5 - Епюри струму в ланцюзі конденсатора і епюри напруги на виході приєднувального пристрою:

t_0 - момент часу посилки високовольтної хвилі від зарядженого конденсатора;
 T - затримка за часом пробію в місці пошкодження; t_1, t_2, t_3, t_4 - момент часу приходу імпульсів струму до початку кабелю, відбитих від місця пошкодження.

На епюрах видно, що інтервал часу $t_0 - t_1$ між посланим імпульсом і його першим відображенням не дорівнює інтервалу часу $t_1 - t_2$ між імпульсами першого і другого відображення хвилі. Це відбувається внаслідок того, що пробій у місці пошкодження кабелю відбувається з затримкою за часом T .

Час T може мінятися в залежності від опору в місці пошкодження, від вологості, від іскрового проміжку, від крутості фронту падаючої хвилі і т.д.

Отже, для того, щоб виміряти точно відстань до місця пошкодження варто вимірити часовий інтервал $t_1 - t_2$ чи $t_2 - t_3$, чи $t_3 - t_4$ і т.д. У випадку, якщо опір у місці пошкодження близько до нуля і пробію в місці дефекту не відбувається, можна вимірити будь-який часовий інтервал між відбитими імпульсами ($t_0 - t_1$; $t_1 - t_2$ і т.д.).

У кабельних лініях можуть матися значні неоднорідності хвильового опору по довжині лінії, викликані з'єднанням кабелів різних типів і перетинів, а також сполучними муфтами. Такі неоднорідності викликають додаткові відображення електромагнітних хвиль, що приводить до помилкових вимірів.

Помилкові виміри внаслідок таких перешкод можуть бути виключені шляхом регульованого зменшення чутливості приладу і шляхом введення регульованих за часом імпульсів затримки спрацьовування схеми приладу як у ланцюзі пуску приладу (в інтервалі часу $t_0 - t_1$), так і в ланцюзі усталеного приладу (в інтервалі часу $t_1 - t_2$).

Для визначення цих видів пошкоджень застосовується вимірник відстані до місця пошкодження кабелю ЦР200, що використовує хвильовий метод і володіє перерахованими вище можливостями.

1.2.1.4. Петлевий метод

При визначенні місця пошкодження захисної пластмасової ізоляції використовується петлевий метод. Схема підключення приладів при використанні петлевого методу показана на Рисунок 1.6. Необхідною умовою для визначення відстані до місця пошкодження пластмасової захисної оболонки є зняття заземлення з кінцевих ланок і повна впевненість у тому, що всі муфти, встановлені по трасі кабелю, ізолювані від землі. У противному випадку застосувати петлевої метод неможливо. Схема працює в такий спосіб.

Перемикач встановлюється в положення I. Струм від генератора протікає по ланцюзі: оболонка кабелю, що екранує, (довжина l_x), опір у місці пошкодження і заземлений вивід генератора. При цьому за допомогою вольтметра роблять вимір напруги на ділянці l_x (U_1) і показання його записують. Далі перемикач встановлюють у положення II. При цьому струм від генератора буде протікати по ланцюзі: непошкоджена жила кабелю, що екранує оболонка кабелю (ділянка $L-l_x$), опір у місці пошкодження і заземлений вивід генератора. За допомогою вольтметра роблять вимір падіння напруги на ділянці $L-l_x$ (U_2).

Складається рівняння:

$$\frac{i_x}{L - i_x} = \frac{U_1}{U_2},$$

Звідки

$$i_x = \frac{L U_1}{U_1 + U_2}.$$

Точність визначення відстані до місця пошкодження пластмасової ізоляції даним методом невелика і складає біля $\pm 15\%$ вимірюваної довжини.

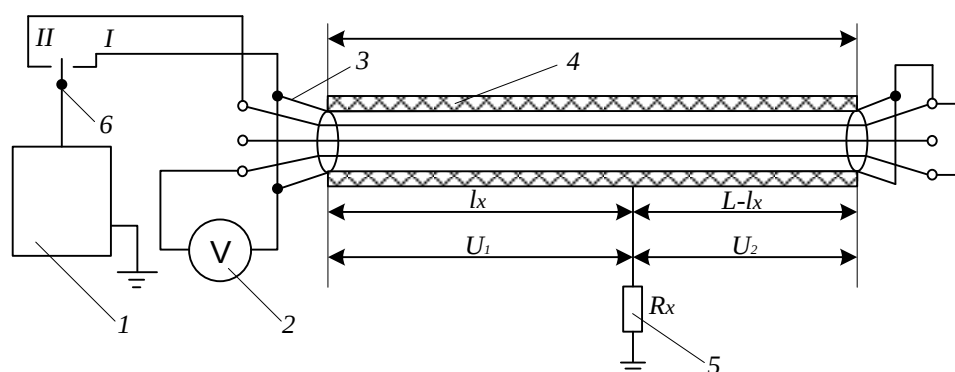


Рисунок 1.6 - Схема підключення приладів і установки закоротки при використанні петлевого методу:

1 - генератор постійного струму; 2 - вимірювальний вольтметр; 3 - алюмінієва оболонка кабелю; 4 - пластмасова оболонка кабелю; 5 - місце пошкодження пластмасової оболонки кабелю; 6 – перемикач

1.2.2 Абсолютні методи:

1.2.2.1. Акустичний метод

Акустичний метод заснований на прослуховуванні над місцем пошкодження кабельної лінії звукових коливань, викликаних іскровим розрядом у каналі пошкодження.

Акустичний метод практично універсальний і в багатьох кабельних мережах є основним абсолютним методом. Їм можна визначати пошкодження різного характеру: однофазні і міжфазні замикання з різними перехідними опорами, обриви однієї, двох чи всіх жил. В окремих випадках можливе визначення декількох пошкоджень на одній кабельній лінії.

Іскрові розряди, одержувані в місці пошкодження кабелю, утворюються двома способами.

При "запливаючому пробіі", що виявляється при профілактичних випробуваннях пошкодження, як правило, буває в муфтах. Опір у місці пошкодження великий - одиниці і десятки мегаОм. За допомогою випробувальної установки постійного струму (див. Рисунок 1.7) в пошкодженій жилі піднімається напруга (не більш $5U_{ном}$, де $U_{ном}$ - робоча напруга кабелю). Як тільки в місці пошкодження відбувається пробій, визначають відстань до місця пошкодження за допомогою методу коливального розряду. Після першого пробію опір в пошкодженій жилі кабелю відновлюється і напруга від випробувальної установки постійного струму зростає знову до напруги пробію. Така періодичність пробіїв може продовжуватися тривалий час. У зоні вимірювальної відстані до місця пошкодження оператор, пересуваючись уздовж траси кабельної лінії, чітко фіксує акустичні розряди в місці пошкодження.

При замиканнях, що мають перехідний опір у місці пошкодження від одиниць Ом до десятків кілоОм, збирається схема. За допомогою високовольтної установки постійного струму виробляється зарядка конденсатора, після чого через розрядника (розрядник може бути як керований, так і некерований - повітряний) високовольтна хвиля посилюється в пошкоджену жилу кабелю, у місці пошкодження якої відбувається пробій, що викликає акустичний сигнал. У пересувній вимірювальній лабораторії є дві групи високовольтних конденсаторів. Одна група на робочу напругу до 5 кВ при ємності конденсаторів до 200 мкФ (низьковольтна акустика), інша група на робочу напругу до 30 кВ при ємності конденсаторів до 5 мкФ (високовольтна акустика). Установки для заряду конденсаторів першої групи мають велику потужність, що необхідна для швидкої зарядки конденсаторів великої ємності (одиниці секунд). Для зарядки другої групи конденсаторів застосовують випробувальні установки постійного струму. Якщо при роботі від першої групи конденсаторів неможливо створити пробій внаслідок великого опору в місці пошкодження, то необхідно переключити схему і працювати від другої групи конденсаторів. Оператор, переміщаючись уздовж траси кабельної лінії в

передбачуваній зоні пошкодження, вимірює імпульсним чи хвильовим методом, робить вимір у такий спосіб.

При використанні кабельного шукача, наприклад, КАИ-80, що має один канал посилення, сигнал від акустичного перетворювача підсилюється приймачем і надходить на стрілочний індикатор і головні телефони. Пересуваючись по трасі кабельної лінії, оператор прослуховує сигнали за допомогою головних телефонів і тільки в місці безпосереднього пошкодження кабелю, коли акустичні сигнали чітко фіксуються, необхідно за допомогою стрілочного індикатора виявити на трасі крапку з максимальним відхиленням стрілки, де знаходиться пошкодження. При використанні кабельного шукача, наприклад, КАИ-90, що має два канали посилення (один для посилення сигналів з акустичного перетворювача, а іншої для посилення сигналів, наведених в індукційному перетворювачі від полюсів чи електромагнітної хвилі), пошук здійснюється в такий спосіб.

При переміщенні уздовж кабельної лінії сигнал, наведений в індукційному перетворювачі від електромагнітної хвилі, надходить через підсилювальний тракт приймача на стрілочний індикатор, а сигнал з акустичного перетворювача надходить через свій підсилювальний тракт на головні телефони. У результаті цього оператор чітко знає про наявність пробою в місці пошкодження, не прослухуючи акустичного сигналу, продовжує пересуватися по трасі кабельної лінії до місця пошкодження. У зоні місця пошкодження, коли стає чутний акустичний сигнал у головних телефонах, варто перейти в режим акустичного пошуку. При цьому акустичний сигнал буде надходити через підсилювальний тракт приймача КАИ-90 як на головні телефони, так і на стрілочний індикатор, по якому при максимальному його відхиленні можна знайти точне місце пошкодження. При визначенні місця розтяжки (розриву) жил у кабелі високовольтну випробувальну установку постійного струму підключають по черзі до однієї з жил чи відразу до всіх трьох жил кабелю. При підйомі випробувальної напруги до 50 кВ за рахунок ослабленої ізоляції виникає пробій у місці розриву між однією з жил і оболонкою кабелю. У випадку, якщо пробій у місці пошкодження не відбувається, необхідно установити закоротку на далекому кінці кабелю між усіма жилами й оболонкою кабелю. У

цьому випадку при піднятті випробувальної напруги пробій відбувається між розривом жил кабелю. В обох випадках місце пошкодження знаходиться акустичним методом.

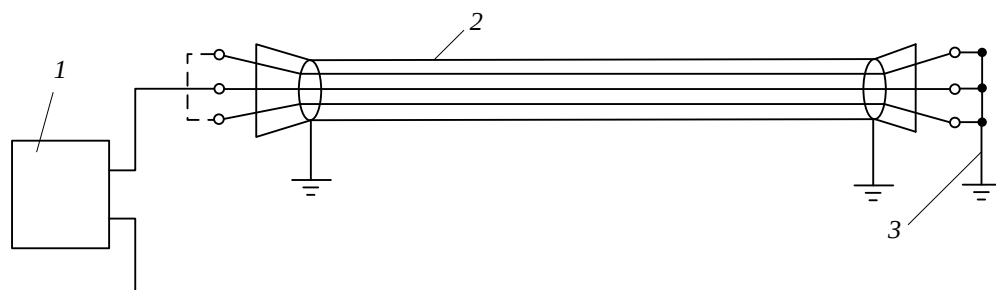


Рисунок 1.7 - Схема підключення високовольтної випробувальної установки при розтяганні жил у кабелі:

1 - високовольтна випробувальна установка; 2 - пошкоджений кабель; 3 - закоротка між жилами й оболонкою кабелю

У результаті акустичного контакту з місцем пошкодження сприймаються механічні коливання, що поширюються від нього. При цьому спеціальні методи і пристрої вимагаються тільки для визначення місць пошкодження кабельних ліній.

Акустичний метод практично універсальний. Їм можна визначати пошкодження різного характеру: однофазні і міжфазні замикання з різними перехідними опорами; обриви однієї, двох чи всіх жил; в окремих випадках можливе визначення декількох пошкоджень на одній кабельній лінії. Метод з успіхом застосовується при відшукуванні пошкоджень на підвісних ділянках кабельної лінії. Застосування акустичного методу дозволяє відшукати місце замикання однієї жили на оболонку. Якщо, однак, при цьому перехідний опір не перевищує декількох десятків Ом, то знайти місце пошкодження у багатьох випадках не вдається.

Сутність акустичного методу полягає в прослуховуванні над місцем пошкодження звукових коливань, викликаних іскровим розрядом у каналі пошкодження. Конденсатор Із заряджається від високовольтної випрямної установки. Коли напруга на ньому досягне напруги пробою розрядника Р, останній проб'ється і конденсатор З почне розряджатися на пошкоджену жилу кабелю. При цьому в кабель посиляється імпульс високої напруги. Досягши місця пошкодження,

цей імпульс створить іскрове перекриття з жили кабелю на захисну оболонку. Іскровий електричний розряд завжди супроводжується звуковим ефектом. Звукові коливання, що виникли в місці іскрового перекриття, поширюються в навколишнє середовище і можуть бути прослухані на поверхні землі. По закінченні розряду конденсатора розрядник гасне, що дозволяє конденсатору зарядитися знову для наступного розряду. Таким чином, схема забезпечує періодичне повторення розрядів у місці пошкодження. Звуки іскрових розрядів досягають максимальної голосності над місцем пошкодження.

Звукові коливання на поверхні землі можуть бути прослухані стетоскопом (Рисунок 1.8), що забезпечує звукопровідний зв'язок між вухом оператора і поверхнею землі, крім повітряного прошарку. Дерев'яний стрижень стетоскопа добре проводить звукові коливання. Іноді сила звукових коливань при іскровому розряді виявляється недостатньою для безпосереднього прослуховування. У таких випадках застосовуються акустичні датчики з підсилювачами й індикаторами.

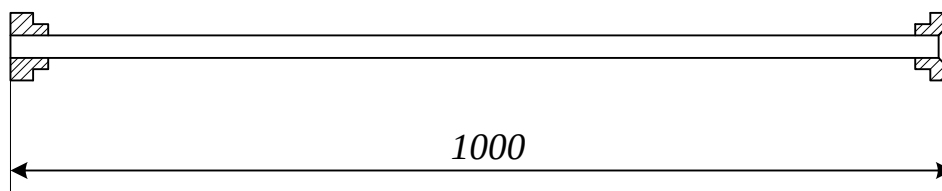


Рисунок 1.8 - Дерев'яний статоскоп

Відомо багато конструкцій акустичних датчиків. Основою датчиків є чутливий елемент – перетворювач механічних коливань звукового частотного діапазону в електричні. Найбільш поширеними п'єзоелектричні перетворювачі, представляють собою пластинку монокристалу титана барію, сегнетової солі чи другого матеріалу, маючого високий п'єзоефект. Останній заключається у вивченні електричних зарядів на поверхні пластинки при її механічній деформації, наприклад при вигині. Для зняття цих зарядів з поверхні пластинка металоризується.

В якості електромеханічних перетворювачів використовуються також електромагнітні звукознімачі, зокрема електромагнітні мікрофони, наприклад типа ДЭМ, добре екрановані від зовнішніх перешкод. Для прикладу на рисунку 1.9 показано розріз одного из акустичних датчиків. Коливання ґрунта, навіть незначних, визвані, створеним в місці іскрового розряду, передаються через корпус датчика на чутливий елемент 1, що викликає появу напруги на його зажимах. Це напруга подається на вході посилювача, а після посилювача – на телефон чи стрілковий індикатор. Велике значення має хороший контакт звукопровідного стержня (циліндра), на якому закріплено чуттєвий елемент, з навантаженням 2. Для захисту елемента від зовнішніх акустичних перешкод, які передаються по повітрю, в датчику передбачена акустична ізоляція 3 (наприклад, на основі пористої резини). Електромагнітне екранування досягається використанням металевих корпусів.

Механічні хвилі випробовують відображення і переломлення аналогічно електромагнітним хвилям, розглянутим вище. Так, при переході із щільного ґрунта в повітрі коефіцієнт відображення складає 0,96, а коефіцієнт переломлення – тільки 0,04. Це означає, що лише незначна частина енергії хвилі може бути сприйнята людським вухом. Дерев'яний стетоскоп дозволяє підняти цю долю до 50...60 %. Зона прослуховування іскрового розряду залежить від енергії і характеру, і акустичних властивостей середі поблизу місця пошкодження.

Для створення іскрового розряду в місці пошкодження необхідно прикласти до нього достатню імпульсну напругу $U_{\text{п}}$. Останнє залежить як від амплітуди посилюючого імпульса U_0 , так і від опору $R_{\text{п}}$ в місці пошкодження.

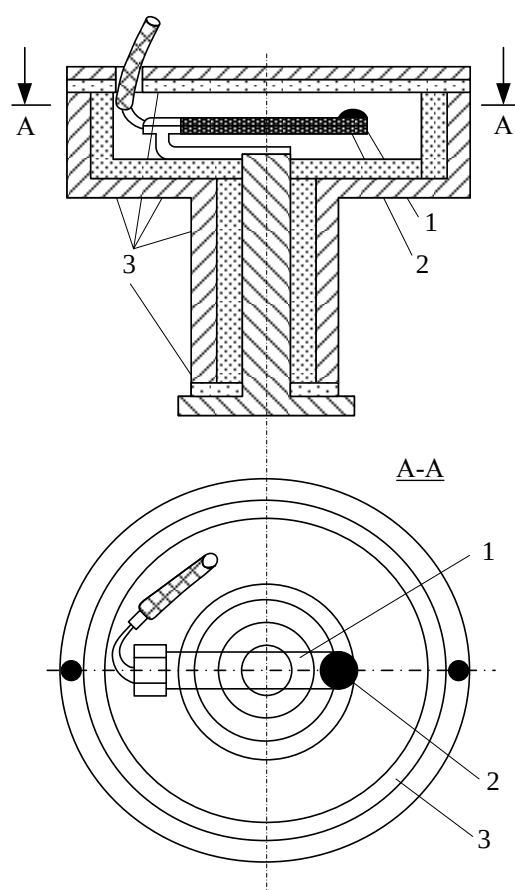


Рисунок 1.9 - Конструкція акустичного датчика

При зниженні перехідного опору до значення хвильового опору кабелю починається різке зменшення напруги на іскровому проміжку. Тому у випадку малого перехідного опору в місці пошкодження іскровий розряд може і не виникнути. При високій напрузі пробою, приблизно рівному випробувальній напрузі кабелю $U_{\text{п}} \approx U_{\text{исп}}$, в ізоляції кабелю створюються пробої без використання розрядника.

Якщо не можна підняти напругу на кабелі через великий струм, що протікає через місце пошкодження, то необхідно вибрати розрядник із пробивною напругою

$U_0 \leq U_{\text{исп}}$. Це обмеження викликане небезпекою виникнення перенапруг через подвоєння амплітуди імпульсу, що посилається, у розімкнутого кінця у випадку відсутності пробою місця пошкодження, а також перенапруг у зв'язаній мережі низької напруги, що може привести до пошкодження низьковольтної апаратури.

Варто мати на увазі, що при імпульсному пробойі виникає велике спадання напруги на заземленні, що може призвести до так називаючого зворотного

перекриття з заземлення на низьковольтну мережу. Щоб уникнути цей конденсатор і інші елементи ланцюга імпульсного розряду заземлюють окремим проводом з виносним заземлювачем. Гарна чутність пробойів виходить, коли в захисній оболонці кабелю мається отвір. Якщо при цьому заміряне омметром перехідний опір буде дуже малий $R_{\pi} \approx 0$, то це ще не означає, що іскрового розряду не виникне. Справа в тім, що при великому по обсязі вигорянні ізоляції черговий пробій може легко зруйнувати канал, що утворився, з низьким опором. З іншого боку, при металевій сплавці жили з захисною оболонкою кабелю іскровий розряд одержати неможливо, якщо тільки спай не буде порушений при проходженні імпульсу.

Фірма Seba dynatronіс обмежує застосування акустичного методу умовою $R_{\pi} \geq 10$ Ом. Однак досвіду експлуатації більш відповідає необхідність перехідного опору порядку декількох десятків Ом. Чим плотніший і однорідніший ґрунт, розташований над кабелем, тим краще передача звукових коливань. Тому покриви з пухкого снігу, сухого піску, щебеню, шлаку і будівельного сміття обумовлюють різке скорочення зони чутності. Найбільшу зону чутності забезпечують глинисті ґрунти, лід і монолітні бетонні покриття. Акустичний метод неможливо застосувати на кабелях, що не має отворів в оболонці на місці пошкодження, якщо кабель залягає на дуже великий (більше 2...3 м) чи глибині мається звуковбирне середовище в ґрунті над місцем пошкодження, при наявності міцного металевого містка, а також при високій ізоляції обірваних жил.

Найважливішим показником ефективності акустичного методу є енергія розряду.

При занадто малій ємності C акустичний метод неефективний. Це впливає з наступного. Тривалість розряду визначається постійною часу $\tau = C_z$.

Якщо $\tau_{\text{мін}}$ менше часу пробігу імпульсу по кабелі, то амплітуда імпульсу знижується в міру наближення до місця пробойу і тим більше знижується акустична енергія.

При $l = 2500$ м и $U = 160$ м/мкс час пробігу складе 15 мкс, звідси $C = 0,5$ мкФ. Досвід експлуатації підтверджує необхідність використання ємності не менш 0,5 мкФ. Тому що акустична енергія збільшується пропорційно U_0^2 , то варто прагнути

до максимального підйому напруги U_0 , обмежуючи його рівнем припустимих перенапруг. Для низьковольтних кабелів приходится збільшувати енергію в основному за рахунок ємності, використовуючи батареї в десятки і навіть сотню мікрофард. Типове значення енергії розряду для акустичного методу лежить у діапазоні 200...1000 Дж. Ця енергія забезпечується для кабельної лінії 6 - 10 кВ при $U_0 = 20$ кВ і $C = 0,5 - 2,5$ мкФ, а для низьковольтних кабельних ліній - при $U_0 = 2 - 3$ кВ і $C = 20 - 100$ мкФ.

Перед початком визначення місця пошкодження акустичним методом необхідно знати зону його розташування, тому що для кабелів довжиною більше 100м прослуховування всієї траси недоцільно. Передбачуване місце пошкодження визначається дистанційним методом і відзначається на трасі. Зона пошуку в залежності від застосованого методу і стану документації може складати до декількох десятків метрів.

Пошуки найбільше зручно робити, установивши періодичність іскрових розрядів у кабелі, рівному одному пробію в 2 - 6 с. Пошуки в зоні пошкодження виробляються шляхом установки акустичного датчика чи на ґрунт, дорожнє покриття над трасою кабелю через кожні 1 - 2 м до досягнення максимальної чутності іскрових розрядів. Якщо траса кабелю точно не відома, то її уточнюють за допомогою індукційної рамки, у якій наводиться імпульсна напруга в момент розряду. Відшукують трасу, як і при індукційному методі, із включенням генератора за схемою жила - земля. За допомогою цієї ж рамки легко встановити наявність розрядів у кабелі і їхня періодичність.

Періодичність розрядів може порушуватися через обгорання електродів розрядника. Тому часто застосовують трьохелектродні розрядники. При цьому імпульси напруги на електрод, що підпалює, подаються строго періодично від спеціального генератора. Крім уловлювання періодичності розрядів на трасі поблизу місця пошкодження індукційною рамкою використовують також прийом звуку пробію розрядника по радіоканалі (радіотелефону).

Як показує досвід, підвищити перешкодостійкість акустичного методу дозволяє використання двухканального приймача, як це показано на Рисунок 1.10.

Імпульсний сигнал розряду, прийнятий індукційною рамкою 1 і посилений у блоці 3, приводить до спрацювання граничного пристрою 5, що запускає блок тимчасової затримки 6 і відкриває ключ 7 для передачі акустичного сигналу від датчика 2 на підсилювач 4. Через час затримки t ключ закривається. Якщо акустичний сигнал виникне в інтервалі часу між відкриттям і закриттям ключа 7, то спрацює індикатор 8. Установивши $t \ll T$ (де T - періодичність повторення розрядів), різко збільшують перешкодостійкість, тому що інтервал часу прийому акустичних перешкод скорочується.

У США для кабелів у металевих трубах знайшли застосування два різновиди акустичного методу: "напрямок звуку" і "вимір відстані, пройденого звуком".

Метод "напрямок звуку" використовує різниця часу поширення звукових коливань, викликаних дугою в місці пошкодження, до двох акустичних датчиків, встановлених у різних крапках лінії. Першим спрацює найближчий до місця пошкодження датчик.

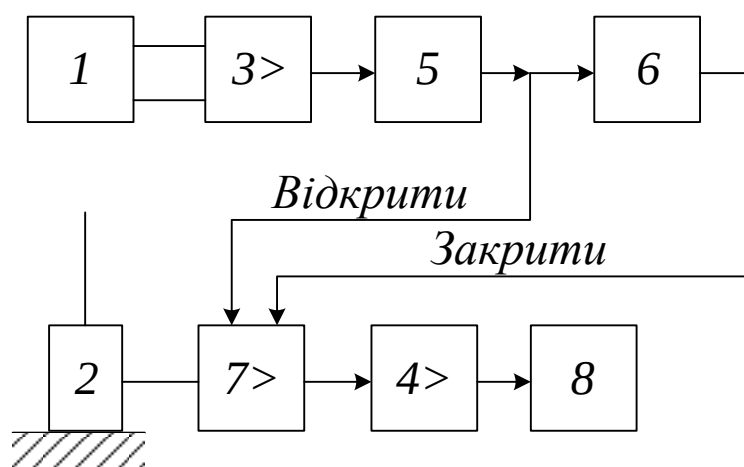


Рисунок 1.10 - Структурна схема двуканального приймача
для акустичного методу

При установці датчиків безпосередньо на металевій трубі вдається уловлювати звукові коливання на відстані до 60 м від місця пробію. Переміщаючи датчики, знаходять місце пошкодження із точністю до декількох сантиметрів.

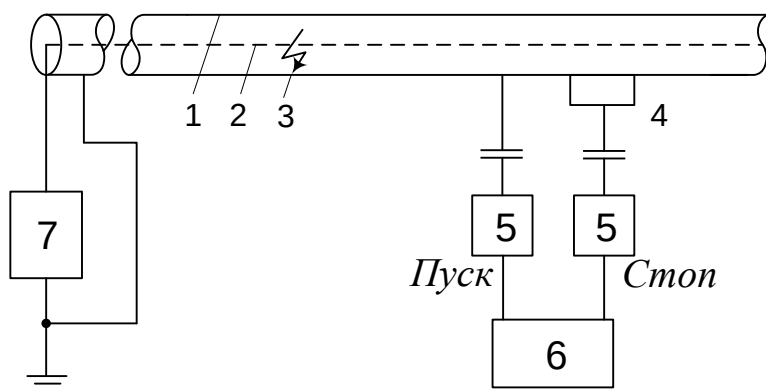


Рисунок 1.11 - Схема виміру відстані, пройденого звуковою хвилею:

- 1- металева труба кабелю; 2- жила кабелю; 3 - місце пробою;
- 4 - акустичний датчик; 5 - блоки пуску й зупинка лічильника;
- 6 - лічильник; 7 - високовольтна випрямна установка

Друга з зазначених різновидів акустичного методу передбачає вимір спеціальним лічильником (чи за допомогою осцилографа) інтервалу часу від моменту приходу по трубі електричного імпульсу до моменту приходу звукового імпульсу при пробі в місці пошкодження. Тому що електричний імпульс поширюється уздовж труби значно швидше звукового, то обмірюваний час практично дорівнює часу поширення звуку. Якщо виміру робити на двох стійках, вбитих у землю над трубою в 2м від її і на відстані 3 - 8 м друг від друга, то можна визначити, у якому напрямку знаходиться місце пошкодження, і відстань до нього. Переміщаючи стійки, можна наблизитися до місця пошкодження. Можна також розрахувати відстань до місця пошкодження, якщо проводити виміри в колодязях по обидва боки від цього місця.

Принципова схема виміру з застосуванням електронного лічильника приведена на Рисунок 1.11. Електричний імпульс, що поширюється по трубі, запускає лічильник, а зупинка якого відбувається після приходу звукового імпульсу. Швидкість поширення звуку по сталевій трубі складає 3874 м/с. Для підсилювачів акустичного сигналу непридатна вузька смуга (кілька десятків герців) селективних підсилювачів індукційних приймачів.

Універсальний індикатор типу 81018 фірми Robotron Messelektronik "Otto Schon" (ФРН) крім діапазонів для прийому індукційних сигналів має два діапазони для акустичних сигналів: 50...500 Гц при використанні п'єзоелектричного мікрофона і 100...2000 Гц при використанні електродинамічного мікрофона. Універсальний приймач фірми Seba dynat-ronic (ФРН) має для посилення акустичних сигналів канал зі смугою 100...7000 Гц. Ця ж фірма використовує різні датчики: для пухкого ґрунту масою 1,7 кг і для твердого ґрунту датчик - 8 кг.

Широкополосні підсилювачі (смуга 400...700 Гц і більш) можуть використовуватися для переключення з індукційної рамки на акустичний датчик.

Індукційна рамка для прийому імпульсів струму акустичного розряду повинна підключатися до тракту посилення зі смугою не менше декількох сотень герц. Комбіноване (універсальне) прийомний пристрій для індукційного й акустичного методу визначення місця пошкодження повинне мати або спеціалізовані частотні діапазони, або окремі підсилювачі з різною смугою пропускання.

У вітчизняних випробно-пропалюючих установках для утворення імпульсів акустичного розряду використовуються ті ж випрямні пристрої, що і для пропалювання дефектної ізоляції.

Фірма Seba dynatronic випускає спеціальні установки для одержання імпульсів акустичного розряду. Ці установки для кабельних ліній до 15 кВ виконуються на енергію імпульсів 250, 400, 600, 800 і 1000 Ут. с і мають по трьох ступенях напруги в діапазоні від 2,5 до 24 кВ. Маса установок - 20...85 кг.

1.2.2.2 Індукційно-імпульсний метод

Індукційно-імпульсний метод використовується при визначенні місця пошкодження виду "запливаючий пробій" на трасі кабельної лінії. Визначення і вказівка місця пробою в кабелі виробляється методом контролю напрямку поширення початкового фронту електромагнітних хвиль, що виникли в місці пробою. Тому що при пробіі виникають електромагнітні хвилі, спрямовані від місця пошкодження до кінців кабельної лінії, тобто хвилі, що виникли мають різні напрямки поширення стосовно місця пошкодження кабелю. Місце на трасі

кабельної лінії, у якому відбувається зміна напрямку початкового фронту хвилі, відповідають місцеві пошкодження.

Для визначення місця "запливаючого пробоя" кабельної лінії до пошкодженої жили кабелю підключають високовольтну установку і плавно піднімають постійну напругу до забезпечення періодичних пробояв у кабелі. Методом коливального розряду роблять вимір відстані до місця пошкодження.

Пошук місця пошкодження в знайдений зоні виробляється індукційно-імпульсним кабельним шукачем КИИ-83 чи КИИ-89, переносним уздовж траси при створенні в лінії періодичних пробояв.

При кожному пробоях в лінії в індукційному перетворювачі (датчику) індукується напруга, що підводиться до кабельного шукача. Кабельний шукач визначає полярність початкового фронту індукційної напруги і фіксує його знак (чи плюс, чи мінус). Визначений знак полярності вказується стрілочним вимірювальним приладом кабельний шукач протягом часу, достатнього для виробництва відліку.

Якщо місце пошкодження буде пройдено, то прилад буде фіксувати інший знак полярності, що є критерієм для повернення назад і точного визначення місця пошкодження кабелю.

Кабельні шукачі КИИ-83 і КИИ-89 дозволяють однозначно визначити, у якому напрямку варто вести пошук уздовж траси лінії, щоб наблизитися до місця пошкодження. Це виключає виробництво помилкових дій оператора. На трасі кабельної лінії в зоні передбачуваного місця пошкодження (при зміні знака приладу, що показує,) доцільно для більш точного визначення місця пошкодження провести виміри акустичним методом.

1.2.2.3 Індукційний метод

Індукційний метод пошуку пошкоджень кабелю полягає в тому, що при пропущенні через кабель змінного струму від генератора звукової частоти навколо кабелю утворюється магнітне поле, характер розподілу якого залежить від багатьох факторів (конструкції кабелю, способу підключення генератора, виду несправності, наявності контактів оболонки кабелю із землею та ін.).

Це поле індукційним датчиком перетвориться в електричний, сигнал, який підсилюється, селекується по частоті й перетвориться у звук головними телефонами. За певних умов магнітне поле кабелю за місцем пошкодження різко слабшає, що є пошуковою ознакою.

Для пошуку траси кабелю й місця пошкодження індукційним методом у комплекті приймача є виносний індукційний датчик з ручкою-власником, а в самому приймачі реалізований режим резонансного вузькосмугового підсилювача.

Індукційний датчик являє собою циліндричну багатовиткову котушку, намотану на феритовому сердечникові. Важливо розуміти, що такий датчик стосовно змінного магнітного поля має спрямовані властивості: сигнал на виході датчика буде максимальним, якщо магнітні силові лінії поля будуть перпендикулярні площини витка (або, іншими словами, вектор напруженості магнітного поля збігається з віссю датчика), і буде взагалі відсутній, якщо магнітні силові лінії будуть паралельні площині витка (тобто вектор напруженості магнітного поля перпендикулярний осі датчика).

Індукційним методом можна визначити:

- трасу кабельної лінії;
- глибину прокладки кабельної лінії;
- шуканий кабель у пучку кабелів;
- міжфазні пошкодження кабельної лінії;
- однофазні пошкодження кабелю.

I Визначення траси кабельної лінії

При визначенні траси кабельної лінії (Рисунок 1.12) генератор звукової частоти включається за схемою фаза-земля.

При використанні частоти 1000 Гц від генератора (Рисунок 1.12, а) на далекому кінці кабельної лінії встановлюється закоротка між жилою й оболонкою кабелю. При використанні частоти 10000 Гц від генератора (Рисунок 1.12, б) установка закороток на далекому кінці кабелю не обов'язкова. Корисний сигнал буде чутний за рахунок ємнісного струму, що протікає через розподілену ємність кабелю C_k .

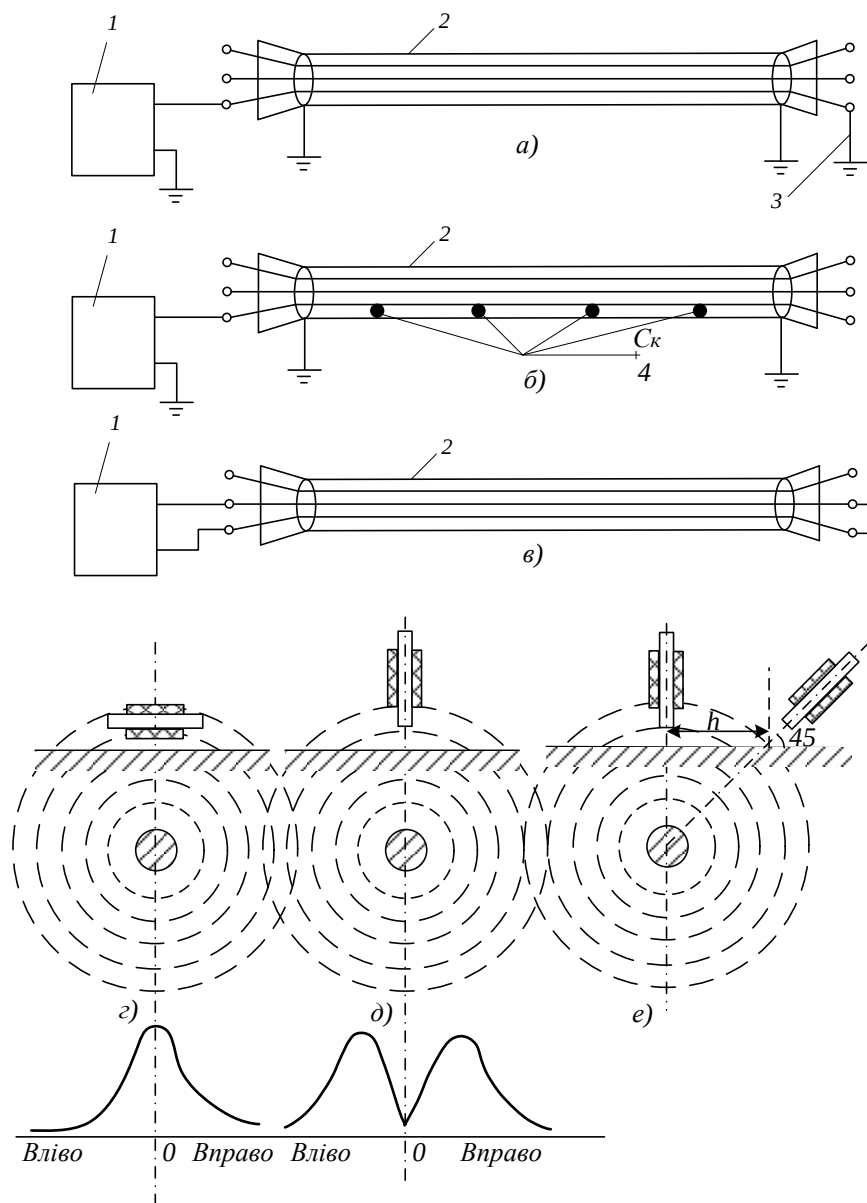


Рисунок 1.12 - Схема підключення генератора при визначенні траси і глибини прокладки кабельної лінії:

а - схема визначення траси кабельної лінії на частоті 1000 Гц;

б - схема визначення траси кабельної лінії на частоті 10000 Гц;

в - схема визначення траси кабельної лінії при включенні генератора на частоту 1000 Гц чи 10000 Гц між двома жилами кабелю;

г - ЭДС, що наводиться в горизонтально розташованому індукційному перетворювачі при переміщенні його вправо і уліво від осі кабелю;

д - ЭДС, що наводиться у вертикально розташованому індукційному перетворювачі при переміщенні його вправо і уліво від осі кабелю;

е - розташування індукційного перетворювача при визначенні глибини прокладки кабельної лінії; 1 - генератор; 2 - кабельна лінія; 3 - закоротка;

4 - розподілена ємність кабелю (C_k)

При визначенні траси кабельної лінії за рахунок струмів розтікання сигнал, що наводиться в індукційному перетворювачі (ІП) і підсилюється приймачем, буде дуже добре чутний у головних телефонах. Оператор, пересуваючи уздовж траси кабельної лінії при горизонтально розташованому індукційному перетворювачі (Рисунок 1.12, г) [паралельно площини землі і перпендикулярно кабельної лінії], чує максимальний сигнал у головних телефонах безпосередньо над кабелем, а при переміщенні перетворювача чи вправо, чи уліво від осі кабелю сигнал буде слабшати. При вертикально розташованому індукційному перетворювачі (Рисунок 1.12, д) оператор чує в головних телефонах над кабелем слабкий сигнал, що підсилюється при переміщенні перетворювача чи вправо, чи уліво від траси кабельної лінії. Таким чином, при пересуванні по напрямку максимального (при горизонтально розташованому ІП) чи мінімального (при вертикально розташованому ІП) сигналу знаходять трасу кабельної лінії.

Іноді внаслідок розривів оболонки кабелю в муфтах струм від генератора протікає по оболонках сусідніх кабелів, що знаходяться під робочою напругою. При цьому мінімум звучання виходить над тим кабелем, по якому тече струм розтікання. Унаслідок цього траса кабельної лінії буде визначена неправильно. У цьому випадку для виключення помилкового визначення траси кабельної лінії генератор включається між двома жилами кабелю (Рисунок 1.12, в). Оператор, переміщаючись по трасі кабельної лінії, чітко прослухує максимуми і мінімуми звучання сигналів у головних телефонах, викликані кроком скрутки кабелю (крок скрутки в силових кабелях може змінюватися від 0,5 до 1,5 м у залежності від перетину жил кабелю).

II Визначення глибини прокладки кабельної лінії

Для визначення глибини прокладки кабельної лінії використовується та ж схема підключення генератора, що і для визначення траси кабелю. У місці, де

потрібно визначити глибину прокладки кабелю, необхідно точно визначити трасу кабельної лінії при вертикальному розташуванні осі індукційного перетворювача (Рисунок 1.12, е). Потім індукційний перетворювач за допомогою фіксуючого пристрою установити під кутом 45° до площини землі. Переміщаючи перетворювач перпендикулярно трасі, знаходять крапку на поверхні землі, у якій пропадає звучання сигналу в головних телефонах. Відстань від цієї крапки до траси дорівнює глибині залягання кабелю.

III Визначення шуканого кабелю в пучку кабелів

Після проведення робіт з розкопки траншеї у зоні передбачуваного місця пошкодження необхідно (з погляду техніки безпеки) визначити пошкоджений кабель у пучку інших кабелів, що знаходяться під робочою напругою. Для визначення шуканого кабелю генератор включають на частоті 1000 Гц (Рисунок 1.12, в) між двома непошкодженими жилами кабелю, що закорочені на протилежному кінці перемичкою.

У місці розкопки індукційний перетворювач встановлюють у вертикальне положення і, переміщаючи його перпендикулярно розташованим кабелям, знаходять шуканий кабель по частоті струму і різкій зміні сили звучання сигналу в головних телефонах по обидва боки знайденого кабелю. Для більш точного визначення шуканого кабелю в пучку необхідно застосовувати накладну індукційну рамку, що підключається до входу кабельного шукача. Обертаючи її навколо очищеного від землі шуканого кабелю, одержують у головних телефонах два максимуми і два мінімуми сигналу частоти 1000 Гц.

IV Визначення місця міжфазного пошкодження кабельної лінії

Міжфазні пошкодження кабельних ліній, як правило, виходять з однофазних пошкоджень шляхом руйнування ізоляції неушкодженої жили. При труднощах визначення місця однофазного пошкодження (погана чутність при акустичному ударі, немає чіткої зміни сигналу при визначенні однофазного пошкодження індукційним методом, немає чіткої прив'язки по довжині кабельної лінії і т.д.) роблять його переклад у міжфазне пошкодження за допомогою пропалювальної установки. Варто врахувати при пропалюванні, що опір між жилами чи оболонкою

між двома жилами повинний бути близьким до нуля. У випадку, якщо в місці замикання двох жил опір складе одиницю Ом і більше, на трасі кабельної лінії можна одержати помилку при визначенні місця пошкодження особливо на частоті 10000 Гц через ємнісний струм, що буде протікати за місцем пошкодження. При цьому по трасі кабельної лінії за місцем пошкодження будуть прослухуватися сигнали в головних телефонах від кроку скрутки. Після підготовки пошкодженого кабелю і виміру відстані до місця пошкодження за допомогою приладів, що використовують імпульсний метод, генератор підключають до двох пошкоджених жил кабелю (Рисунок 1.13, а).

Після підключення генератора й узгодження навантажень можна робити роботи з відшукування місця пошкодження на трасі кабельної лінії.

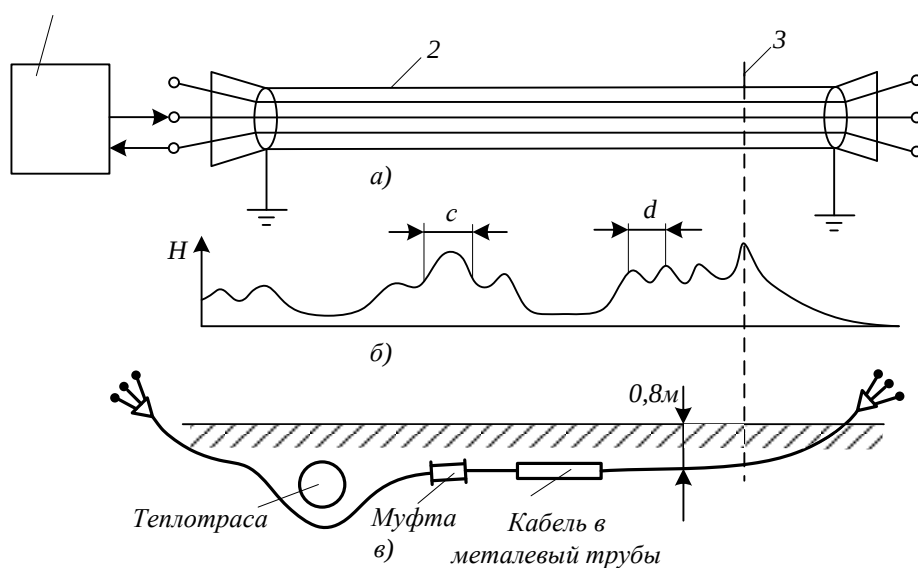


Рисунок 1.13 - Визначення місця міжфазного пошкодження індукційним методом:

а - схема підключення генератора звукової частоти:

1 - генератор звукової частоти;

2 - пошкоджений кабель;

3 - місце міжфазного пошкодження кабелю;

б - крива зміни напруженості електромагнітного полюса чи по трасі кабелю з міжфазним замиканням жил (залишковий опір у місці пошкодження десяті частки

Ома): d - крок скрутки жил кабелю; z d на ділянці розташування муфти; v - траса прокладки пошкодженого кабелю.

При такій схемі підключення від генератора до місця пошкодження протікає пари струмів, що створює в кабелі магнітне поле. При переміщенні уздовж кабельної лінії (до місця пошкодження) це магнітне поле через наявність скрутки жил повертається навколо осі кабелю, переміщаючи по спіралі. Завдяки цьому ЕДС, що наводиться в індукційних перетворювачах і відповідно в головних телефонах, буде мати мінімальне і максимальне значення. Відстань між максимумами і мінімумами визначається кроком скрутки і може змінюватися від 0,5 до 1,5 м. Над місцем міжфазного пошкодження при малому опорі між жилами чутність прийнятого сигналу збільшується, а за місцем пошкодження сигналу від кроку скрутки практично не чутно. При переміщенні над кабелем у місці розташування муфти довжина інтервалу з максимальним звучанням збільшується, при цьому чутність сигналу буде вище за рахунок великої відстані між жилами в муфті (Рисунок 1.13, б). По цих ознаках визначається розташування муфти кабелю. При пересуванні по трасі кабельної лінії чутність прийнятого сигналу може мінятися через зміну глибини (Рисунок 1.13, в) прокладки кабелю (при цьому прийнятий сигнал буде плавно змінювати свою чутність аж до зникнення); чутність міняється, якщо кабель прокладений через комунікації чи проїзні магістралі в металевій трубі (при цьому на відрізку прокладки кабелю в металевій трубі чутність сигналу від кроку скрутки припиняється відразу). Варто вказати, що при проходженні кабельної лінії по трасі через ділянки з різними конструкціями кабелів (наприклад, кабель АСБ з'єднаний за допомогою муфти з кабелем ААБ) ЕДС, що наводиться в індукційному перетворювачі, буде різна: над кабелем ААБ вона буде менше, ніж над кабелем АСБ чи СБ. Це відбувається внаслідок того, що кабель ААБ має краще екранування. Зменшення сигналу після муфти створює враження, що місце пошкодження знайдене. Щоб уникнути помилки, впливає після зменшення сигналу збільшити чутливість приймача і прослухати зону кабельної лінії зі зниженим сигналом. Якщо в головних телефонах прослухуються максимуми і мінімуми прийнятого сигналу, то пошкодження варто шукати далі по трасі кабельної лінії.

При роботі в зоні сильних електромагнітних перешкод, викликаних струмами промислової частоти 50 Гц (повітряні лінії, трансформаторні підстанції, що діють кабельні лінії і т.д.), варто перейти працювати на частоту 10000 Гц, при цьому вплив полюсів чи частоти 50 Гц буде зменшено.

V Визначення однофазних пошкоджень кабелю (метод "аномалії нуля")

Метод "аномалії нуля" використовується в тих випадках, коли іншими методами неможливо визначити місце однофазного пошкодження, наприклад, через велику глибину залягання кабелю, через сильні акустичні перешкоди і т.д., а також неможливості перевести однофазне пошкодження в міжфазний. Цим методом можна визначити місце пошкодження приблизно в 50% випадків.

При використанні даного методу за допомогою пропалювальної установки прагнуть одержати опір у місці пошкодження кілька десятків Ом, але потрібно при цьому не приварити жилу до оболонки кабелю. В окремих випадках методом "аномалії нуля" можна визначити однофазні пошкодження, що мають опір у місці дефекту, близьке до нуля ("глуха земля").

Генератор на частоті 1000 чи 10000 Гц підключається до пошкодженої жили й оболонки кабелю. Оператор, пересуваючи по трасі кабельної лінії в зоні місця пошкодження, з вертикально розташованим індукційним перетворювачем чує в головних телефонах мінімальний сигнал. Вправо чи уліво від траси кабельної лінії сигнал зростає. За допомогою ручки регулювання чутливості індикатора установити точно над трасою кабельної лінії мінімальне показання індикатора. Його стрілка повинна бути в діапазоні, що не перевищує 20% довжини шкали. При переміщенні точно над трасою кабельної лінії, над місцем пошкодження відбудеться різке збільшення показання індикатора, при цьому чутність сигналу в головних телефонах не зміниться. Після проходження місця пошкодження показання індикатора будуть такими ж, як і до місця пошкодження. При використанні даного методу варто точно знати розташування сполучних муфт, тому що вони, як правило, дають помилкове збільшення сигналу. Збільшення сигналу може бути й у неушкодженій частині кабельної лінії, при цьому варто пройти далі по лінії, де можуть також чергуватися

струмів), рознесених між собою на відстані від 50 до 100 див, оператор робить вимірювання (гальванометром на постійному струмі, мілівольтметром на змінному струмі й імпульсному вольтметрі при імпульсному струмі) різниці потенціалів на поверхні землі, переміщаючись уздовж траси кабельної лінії. До місця пошкодження стрілки вимірювальних приладів будуть відхилятися в одну сторону, за місцем пошкодження в іншу сторону, а безпосередньо в місці пошкодження відхилення стрілки від середнього положення не буде. Прилад для визначення місця пошкодження в ізолюючій пластмасовій зовнішній оболонці кабелю розроблений у ВНИИЭ.

Для визначення траси підземного кабелю ГЗЧ підключають між жилою й оболонкою за схемою Рисунок 1.15. Якщо в кабелі немає ГОЗ, то тоді протилежний кінець підключеної жили в т.У з'єднують із оболонкою (Рисунок 1.16).

Таке підключення генератора й кабелю називається режимом траси.

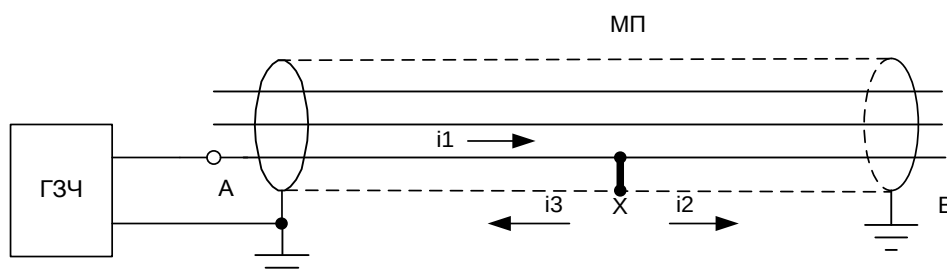


Рисунок 1.15 - Підключення кабелю ГЗЧ між жилою й оболонкою.

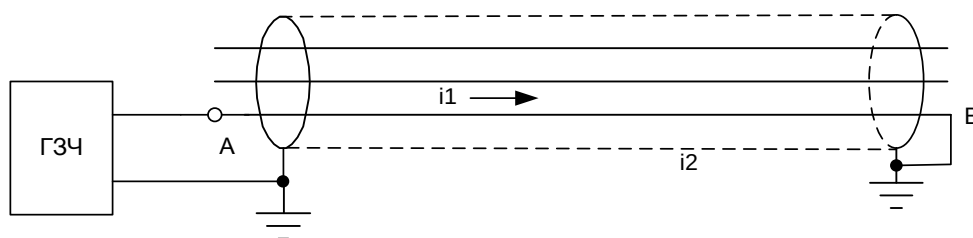


Рисунок 1.16 - Підключення кабелю ГЗЧ між жилою й оболонкою без ГОЗ.

Зверніть увагу на струморозподілення (Рисунок 1.15): струм i_1 , створений ГЗЧ, протікає до місця пошкодження (крапка X), а потім розгалужується на токи i_2 і i_3 , які течуть по оболонці кабелю до протилежних кінців, причому $i_1 = i_2 + i_3$. Це пов'язане з тим, що обоє кінця кабелю заземлені, тобто мають близькі потенціали.

Струм, що тече по оболонці називається струмом траси або одиночним струмом. Саме він створює зовні кабелю змінне магнітне поле, на яке реагує індукційний датчик приймача. Магнітні силові лінії одиночного струму мають вигляд концентричних кіл, що охоплюють кабель (Рисунок 1.17).

На ділянці AX поле буде створюватися різницею струмів $i_1 - i_3$, а на ділянці XB – струмом i_2 , причому $i_1 - i_3 = i_2$.

Внаслідок того, що поле одиночного струму існує на всьому протязі кабелю й має ту саму величину й напрямок, то місце пошкодження у режимі траси визначити не вдається, а можна визначити тільки саму трасу (Рисунок 1.17).

У верхній частині Рисунок 1.17 наведений розподіл сигналу індукційного датчика, розташованого вертикально, при його переміщенні ліворуч праворуч і назад (саме так виробляється пошук траси). При розташуванні датчика строго над віссю кабелю спостерігається різке ослаблення сигналу, що і є пошуковою ознакою.

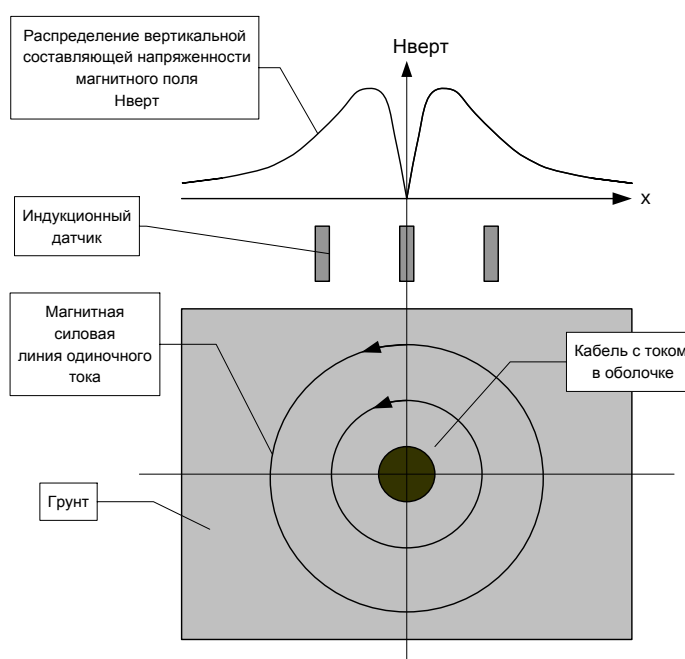


Рисунок 1.17 - Вигляд концентричних окружностей, що охоплюють кабель.

VII Для визначення місця пошкодження індукційним методом існує інший спосіб підключення ГЗЧ до кабелю, так званий «режим петлі».

У цьому режимі ГЗЧ підключають до двох пошкоджених жил кабелю (Рисунок 1.18).

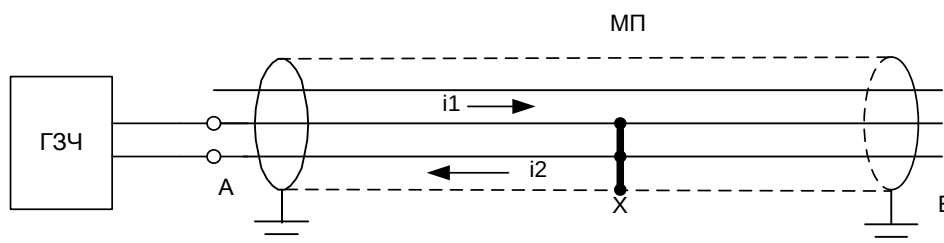


Рисунок 1.18 - Підключення ГЗЧ до кабелю, «режим петлі»

Як видно з Рисунка 1.18, для здійснення цього режиму необхідний мати дві короткозамкнені в місці пошкодження жили. З'єднання жил з оболонкою в місці пошкодження не обов'язково, але на практиці звичайно зустрічається найчастіше.

З Рисунка 1.18 видно, що струм ГЗЧ по оболонці не розтікається, тобто одиночного струму в цьому режимі немає. Отже, магнітне поле, що існує зовні кабелю й обумовлене парою струмів i_1 і i_2 (т.зв. поле петлі), закінчується в найближчій околиці місця пошкодження.

Слід зазначити, що на відміну від поля одиночного струму, напруженість якого майже не міняється по довжині кабелю, поле петлі змінює свою напруженість по довжині кабелю із кроком скрутки жил (Рисунок 1.19). Для силових кабелів напругою 6-35 кВ крок скрутки становить 0,5 – 1,5г.

У такий спосіб пошуковими ознаками режиму петлі є хвилеподібні зміни напруженості поля по довжині кабелю із кроком скрутки до пошкодження й відсутність поля за пошкодженням.

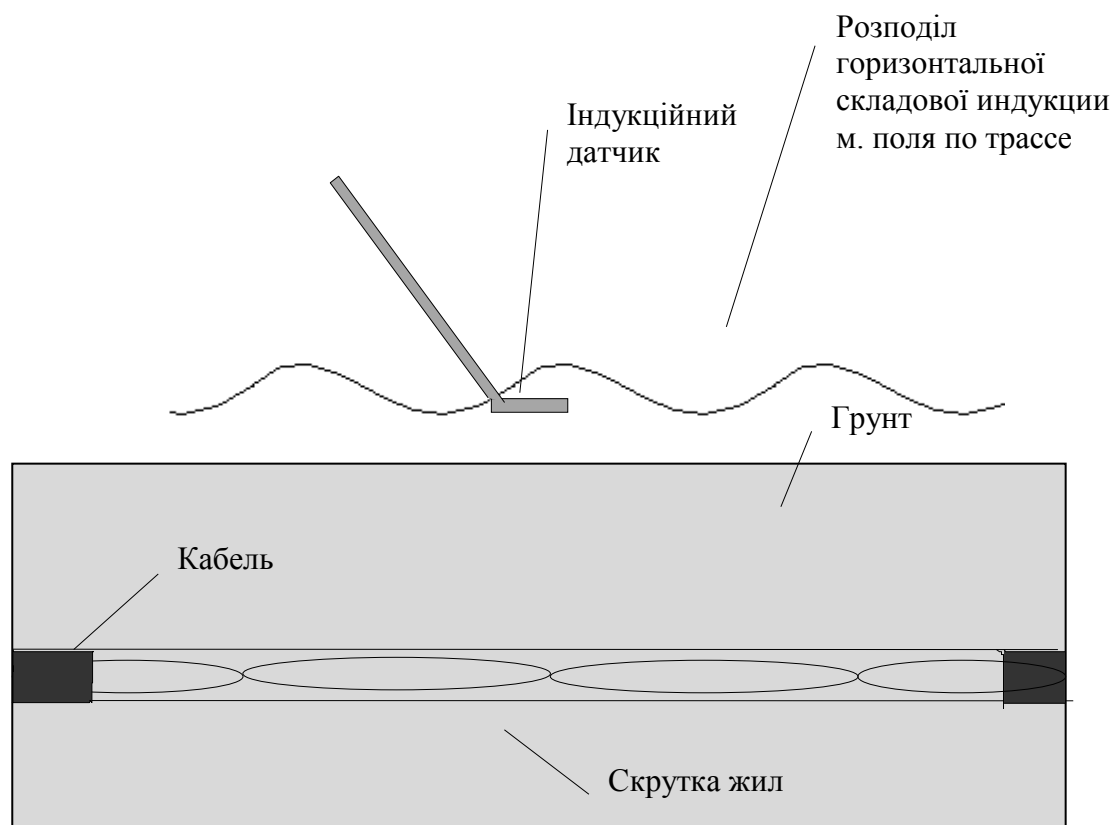


Рисунок 1.19 - Схема режиму петлі

Внаслідок ефекту, що екранує, оболонки кабелю й малої площі полеобформування (відстань між жилами в силових кабелях) поле петлі в 50-100 раз більше і менше поля траси при однакових струмах.

Крім цього слід зазначити, що поле петлі різко слабшає з відстанню, і його практично можливо зареєструвати на відстані не більш 1-2 м від кабелю, у той час як поле траси можна зареєструвати на відстані 5-10 г.

1.2.2.4 Електроакустичний метод

Принцип пошуку однофазного замикання в кабелі електроакустичним методом ілюстрований Рисунок 1.20

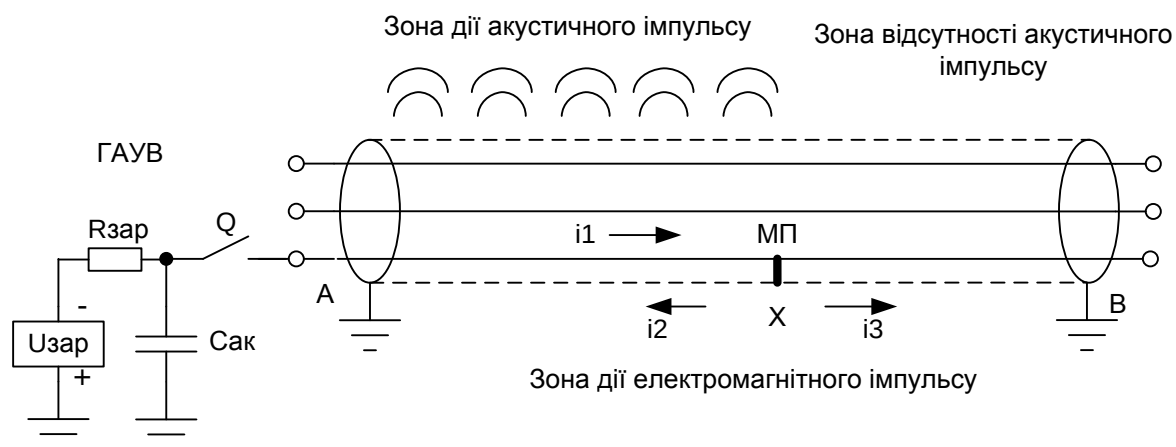


Рисунок 1.20 - Принцип пошуку однофазного замикання в кабелі електроакустичним методом

На Рисунку 1.20 зображений кабель, до якого між несправною жилою й оболонкою підключений ГАУВ – конденсатор, що періодично розряджається на кабель, ємністю 300-400 мкФ, заряджений до напруги 5-10кВ.

При проходженні імпульсу струму, на всьому протязі кабелю від місця підключення ГАУВ і до пошкодження буде виникати імпульсний акустичний сигнал за рахунок електродинамічних зусиль між двома струмопроводами (жилою й оболонкою). Оболонка трясє, і цей струс передається через ґрунт на поверхню землі. За пошкодженням цього сигналу (струсу оболонки) не буде, тому що далі струм між пошкодженою жилою й оболонкою не тече.

Крім того, проходження струму по кабелю викликає виникнення імпульсу електромагнітного поля, від якого запускається приймач.

Отже, якщо по трасі кабелю буде переміщатися оператор із приймачем і акустичним датчиком, то на всьому протязі кабелю від початку й до місця пошкодження геть буде реєструвати однаковий акустичний сигнал (при незмінній чутливості приймача й глибині залягання кабелю), а за пошкодженням сигнал швидко загасає й зникає зовсім.

Цей факт є пошуковою ознакою, і, ґрунтуючись саме на ньому, впливає проводити пошук однофазних пошкоджень.

2 ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕНЬ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕНЬ

2.1 Устаткування і прилади:

- Досліджувана установка постійного струму з плавною зміною напруги від 0 до 70 кВ.
- Пропалювальна установка постійного струму з плавним і східчастим переключенням вихідної напруги. Максимальна напруга пропалювання 10 кВ.
- Установка для подачі високовольтної хвилі від зарядженого конденсатора.
- Ємність конденсатора переключається від 5 до 200 мкФ. Максимальна вихідна напруга при ємності конденсатора 5 мкФ дорівнює 30 кВ. Максимальна вихідна напруга при ємності конденсатора 200 мкФ дорівнює 5 кВ.
- Генератор звукової частоти 1000 Гц і 10000 Гц із вихідною потужністю від 200 до 500 Вт.
- Вимірник неоднорідності лінії Р5-9, Р5-10, Р5-11.
- Вимірник відстані до місця пошкодження кабелю ЦРО200 чи Щ4120.
- Комплекс акустичного й індукційного кабельного шукача КАИ-80, ГК-80 чи КАИ-90, ГК-90.
- Комплект апаратури КИИ-83 чи КИИ-89.
- Мегаомметр Ф4100.
- Омметр.
- Керований чи некерований розрядник.

2.2 Лабораторія ЕТЛ-35К

Лабораторія електротехнічна пересувна комбінована ЕТЛ-35К (надалі-"ЕТЛ-35К ") змонтована у фургоні автомобіля ЗИЛ-131 і призначена для :

- випробовування ізоляції високовольтних ізоляторів, кабелів і інших пристроїв і пристосувань постійною (до 60 кВ) і змінною (до 100 кВ) високою напругою;
- пропалювання і допалювання дефектної ізоляції кабелів;

- вимірювання ємності і тангенса кута втрат об'єктів на змінній напрузі до 10 В;
- визначення відстані до місця пошкодження високовольтних кабелів на низькій напрузі імпульсним безпропалювальним методом на високій напрузі;
- визначення траси кабельних ліній напругою 6-10 кВ;
- топографічного визначення місць пошкодження кабельних ліній індукційним і акустичним методами;
- низьковольтних вимірів.

Апаратура і пристрої ЕТЛ-35К розраховані на експлуатацію в районах з помірним кліматом. Умови експлуатації:

1- діапазон температур навколишнього повітря, °С - від -20 до +40;

2- відносна вологість повітря при температурі 25С - до 80 %;

Живлення ЕТЛ-35К виробляється від промислової однофазної мережі 220В, 50 Гц.

Допускається живлення ЕТЛ-35К від автономного генератора електропостачання відповідної потужності.

Обслуговування лабораторії здійснюється бригадою з двох операторів, що мають допуск на проведення робіт у ланцюгах з напругою понад 1000 В.

Пристрій та робота ЕТЛ-35К

Розташування складових частин ЕТЛ-35К в фургоні автомобіля представлено на Рисунок 2.1.

Керування роботою ЕТЛ-35К здійснюється зі стійки керування.

Короткий опис пристрою і роботи складових частин ЕТЛ-35К приведено нижче.

Пристрій високовольтних випробувань УВИ

Пристрій високовольтних випробувань УВИ призначено для випробування ізоляції силових кабелів і твердих діелектриків випрямленою електричною напругою до 60 кВ, а також для випробування твердих діелектриків синусоїдальною електричною напругою частотою 50Гц величиною до 100 кВ (діюче значення).

УВИ містить у собі наступні пристрої:

- блок високовольтних випробувань БВИ-60/50-М2;
- трансформатор вольтодобавочний ТВ із короткозамикачем високовольтним КЗМК-100;
- короткозамикач високовольтний КЗМК-60 у блоці з конденсатором ИК-100-0,25;
- вимірювач струму високопотенціальний ИТВ-2-4.

При необхідності одержати постійну напругу до 60 кВ використовують блок високовольтних випробувань БВИ-60/50-М2, що у режимі випробування постійною напругою підключається до об'єкта випробувань через блок високовольтних перемикачів і трьохфазні короткозамикачі високовольтними коаксіальними кабелями.

При необхідності одержати змінну напругу до 100 кВ використовують послідовне з'єднання блоку високовольтних випробувань БВИ-60/50-М2 і вольтодобавочного трансформатора ТВ с короткозамикачем КЗМК-100, що підключається до об'єкта випробувань окремим високовольтним проводом.

Блок високовольтних випробувань БВИ-60/50-М2

Блок призначений для випробування ізоляції силових кабелів і твердих діелектриків випрямленим електричною напругою до 60 кВ, а також для випробування твердих діелектриків синусоїдальною електричною напругою частотою 50 Гц величиною до 50 кВ (діюче значення).

Блок містить у собі високовольтний трансформатор T_1 , один напівперіодичний випрямляч негативної полярності VD1-VD180, вимірювальний дільник постійної напруги R_1 - R_3 і шунт для виміру вихідного струму R_4 , R_5 . Випрямляч шунтується нормально замкнутими контактами високовольтного перемикача ДО1. За допомогою перемикача можна одержувати на виході ХЗ і змінну, і постійну напруги.

На виході БВИ-60/50 варто виміряти струм високо потенціальний ИТВ-2-4, призначений для вимірювання постійного струму витоку ізоляції

Вимірювач струму ИТВ-2-4 являє собою чотирьохпридільний міліамперметр постійного струму з двоступінчастою системою захисту від перевантаження по струму.

При невеликих перевантаженнях працює шунтуючий діод VD2 разом з обмежувальним резистором R_1 , а при струмі, що відповідає спаданню напруги на R_1 близько 180-200В спрацьовує шунтуючий розрядник F_1 . При такій схемі захисту найбільша кратність перевантаження (відношення струму, що протікає через стрілочний прилад при перевантаженні, до струму, що відповідає межі вимірювання) не перевищує 3,5.

При цьому варто мати на увазі, що для обмеження струму, що протікає через захисного розрядника, зовні ИТВ-2-4 і послідовно з ним варто включати струмообмежувальний резистор ТВО-60 величиною 100-1000 Ом. Варто мати на увазі, що максимальна робоча напруга резистора ТВО-60 дорівнює 25 кВ.

Переключення меж вимірювання виробляється галетним перемикачем S_1 .

У положенні "0" ИТВ-2-4 шунтується перемичкою. Це положення використовується при транспортуванні.

При регулюванні меж вимірювання встановлюються наступними резисторами: 0,1 мА - резистором R_{10} ; 0,3 мА - резистором R_{11} ; 1 мА - резистором R_{12} ; 3 мА - резистором R_{13} .

ИТВ-2-4 поміщений в електростатичний екран, що знаходиться під високим потенціалом, а вихід до об'єкта випробувань виконаний коаксіальним кабелем, оболонка якого з'єднана з екраном.

Внаслідок такої схеми струм витоку високовольної корони практично не робить впливу на точність виміру вихідного струму.

Блок пропалювання кабелів БПР-25/8

Блок призначений для пропалювання постійним струмом дефектної ізоляції кабелів, а також заряду ємнісних нагромаджувачів при акустичному методі відшукування місць пошкодження.

Блок пропалювання БПР-25/8 містить у собі:

- силовий трансформатор T_1 потужністю 25 кВт із шістьма вторинними обмотками;
- високовольтні (до 5 кВ) бруківки випрямлячі A9-A12; A13-A16; A17-A20; A21- A24, з'єднані послідовно;
- низьковольтний (до 1 кВ) і потужнострумівий (до 80 А) бруківки випрямляч A1- A8, з'єднаний послідовно з високовольтними випрямлячами;
- шунтуючі потужнострумові (до 40 А) діоди A25-A65;
- високовольтні перемикачі ДО1-ДО4;
- високовольтний дільник напруги R1, R2;
- шунт R3, R4.

Блок може працювати в двох режимах: пропалювання і допалювання.

У режимі пропалювання вихідна напруга знімається з виходу X9 "-20 кВ" щодо загального висновку X10, що з'єднується з робочим заземленням. Вихідна напруга змінюється ступенями по 5 кВ, шляхом підключення з блоку керування високовольтних обмоток пускачами ДО1-ДО4. У цьому режимі низьковольтні(440В) вторинні обмотки пускачем ДО2 з'єднані послідовно. Струм у навантаження від потужнострумівого випрямляча A₁-A₈ йде через шунтуючі потужнострумові діоди A₂₅-A₆₅, а не через високовольтні випрямлячі навіть у тому випадку, коли високовольтні випрямлячі відключені від обмоток, тому що прямий опір шунтуючих діодів менше, і спадання напруги на них не вистачає для відмикання діодів високовольтних мостів.

У режимі допалювання вихідна напруга знімається з виходу X7 "ДОЖИГ".

У цьому режимі низьковольтні (440 В) вторинні обмотки пускачем ДО2 з'єднані паралельно. Струм у навантаження від потужнострумівого випрямляча A₁-A₈ йде безпосередньо, і при цьому забезпечується максимальний струм.

В усіх режимах плавна зміна струму в навантаженні забезпечується за допомогою зміни сіткової напруги тиристорним регулятором, що знаходиться в блоці керування.

Генератор акустики ГАУВ-6-04 (генератор акустичних ударних хвиль)

ГАУВ-6-04 являє собою ємнісний нагромаджувач з імпульсним розрядом, і призначений для відшукування місць пошкодження кабельних ліній з перехідним опором $R \leq 500$ Ом акустичним методом разом із приймачем П-805 з акустичним датчиком.

ГАУВ-6-04 містить:

- ємнісний нагромаджувач Z_1, Z_2 на 20кВ;
- електромеханічний комутатор KF1 (служить для комутації заряду нагромаджувача в навантажку);
- захисні розрядники F_1 і F_2 (служать для захисту ємнісного нагромаджувача від перенапруження);
- короткозамикач Q_1 (служить для замикання нагромаджувача і навантаження після зняття напруги);
- трансформатор струму захисний ТА₁ (для індикації спрацьовування захисних розрядників);
- зарядний резистор R_1 ;
- струмообмежувальні резистори R_2 - R_5 ;
- трансформатор струму імпульсний ТА₂ (видає сигнал вихідного імпульсу струму ГАУВ у рефлектометр "ІСКРА-3").

При подачі керуючих напруг від блоку керування короткозамикач QK₁ розмикає свої контакти, а електромеханічний комутатор KF₁ однократно (у ручному режимі) чи періодично (в автоматичному режимі) комутує заряд нагромаджувача в навантаження.

Заряд ГАУВ-6-04 виробляється від блоку пропалювання. Найбільша робоча напруга при цьому - 18 кВ. Зазор між електродами в захисних розрядниках F_1 і F_2

відрегульований таким чином, щоб пробій наставав при напрузі 10,5 кВ на кожному конденсаторі.

При експлуатації ГАУВ-6-04 варто мати на увазі, що термін служби ємнісного нагромаджувача різко зменшується при збільшенні напруги понад припустимий. Рекомендується не перевищувати величину зарядної напруги вище 18кВ.

При експлуатації лабораторії в холодний період року при зовнішній температурі нижче -10°C , зарядна напруга конденсаторів ГАУВ не повинне перевищувати 12 кВ.

Апаратура для пошуку місць пошкодження кабельних ліній

Рефлектометр високовольтний осцилографічний "Іскра-3"

Рефлектометр призначений для визначення відстані до місця пошкодження високовольтних кабелів напругою $0,4\div 10\text{кВ}$, довжиною до 12000м імпульсним методом на низькій і високій напрузі (до $15\div 50\text{кВ}$).

Відмінною рисою рефлектометра є те, що він може визначати відстань до місця пошкодження по імпульсах струму генератора акустики, а у випадку "запливаючого" пробую відстань визначається по сигналу з високовольтного імпульсного датчика чи напруги датчика струму прожигання.

Генератор звукової частоти ГЗЧ-2500

Генератор служить для визначення траси кабелю і відшукування за допомогою індукційного приймача місця пошкодження силового кабелю. При цьому в місці пошкодження опір ізоляції повинний бути в межах $0,5\div 100\text{Ом}$.

Приймач П-805

Служить для відшукування місць пошкодження кабелю індукційним методом (при роботі разом з генератором звукової частоти ГЗЧ-2500 і індукційним датчиком) і акустичним методом (при роботі разом з генератором акустики ГАУВ-6-04 і акустичним датчиком).

Високовольтні перемикачі

Високовольтні перемикачі розташовані в стійці керування, і містять у собі перемикачі вибору фази ("ФАЗА А", "ФАЗА В" і "ФАЗА С") і перемикач режиму блоку пропалювання "ПРОЖИГ-ЗАРЯД ГАУВ". Перемикачі вибору фази дозволяють вибрати ту чи іншу фазу силового кабелю, з яким ведеться працювати, і заземлити його чи підключити до нього виходи тих чи інших пристроїв, що входять у комплект лабораторії, а саме:

Таблиця 2.1- Вибір фази перемикача та відповідного пристрою

Положення вимикача	Підключений пристрій
«Дослідження»	Блок високовольтних досліджень БВИ-60/50-М2
«Прожигання», « Дожигання»	Блок проживання БПР-25/8
«Вн.Ізм»	Рефлектометр «ІСКРА-3», генератор ГЗЧ-2500
«Акустика»	Генератор акустики ГАУВ-6-04

Перемикач режиму блоку пропалювання "ПРОЖИГ-ЗАРЯД ГАУВ" переключає вихідну напругу блоку проживання або на перемикачі вибору фази, або на заряд конденсаторів генератора акустики ГАУВ-6-04.

Короткозамикач трифазний

Короткозамикач трифазний забезпечує замикання однієї, двох чи всіх трьох фаз на шину робочого заземлення. Короткозамикач вбудований у стійку керування.

Комплект барабанів із проводами і кабелями.

Цей комплект служить для з'єднання приладів і пристроїв ЕТЛ-35К з мережею електроспоживання, а також приєднання виходів приладів і пристроїв лабораторії до кабелю, на якому ведуться роботи. Барабани містять:

барабан 1 - кабель мережний потужнострумівий (переріз 7,5 мм²);

барабан 2 - провід захисного заземлення (перетин 10 мм²);

барабан 3 - провід робочого заземлення (перетин 5 мм²);
барабани 4,5,6 - по одному високовольтному коаксіальному кабелі.

Блок керування

Блок керування призначений для оперативного включення і відключення споживачів електролабораторії, а також для керування роботою генератора акустики, блоком пропалювання і блоком високовольтних досліджень.

У блоці мається тиристорний регулятор напруги для споживання блоку прожигання і захист від усіх видів перевантажень по струму.

Блок низьковольтних вимірів БНИ

БНИ призначений для проведення низьковольтних вимірів (наприклад, коефіцієнта трансформації трансформаторів, опору обмоток трансформаторів і т.п.) за допомогою комплекта приладів ДО-540 і інших, що не входять у комплектацію ЭТЛ-35К.

БНИ призначений для проведення низьковольтних вимірів на змінній напрузі, регульованій від нуля до 380В, і на постійній напрузі 12,6 В від акумулятора.

БНИ знаходиться в стійці керування.

Режими роботи лабораторії

Лабораторія ЭТЛ-35К може працювати в наступних режимах:

- високовольтних досліджень об'єктів постійною напругою до 60 кВ із виміром струму витоку із шунта блоку БВИ-60/50-М2 і високопотенційним вимірником ИТВ-2;
- високовольтних досліджень об'єктів змінною напругою до 100 кВ;
- пропалювання (допалювання) дефектної ізоляції;
- визначення відстані до місця пошкодження за допомогою рефлектометра "ИСКРА-3";
- пошуку пошкоджень кабелів за допомогою генератора звукової частоти ГЗЧ-2500 і приймача П-805 індукційним методом;

- пошуку пошкоджень кабелів за допомогою генератора акустики ГАУВ-6-04 і приймача П-805 акустичним методом;
- вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат устаткування при напругах до 10кВ;
- низьковольтних вимірів.

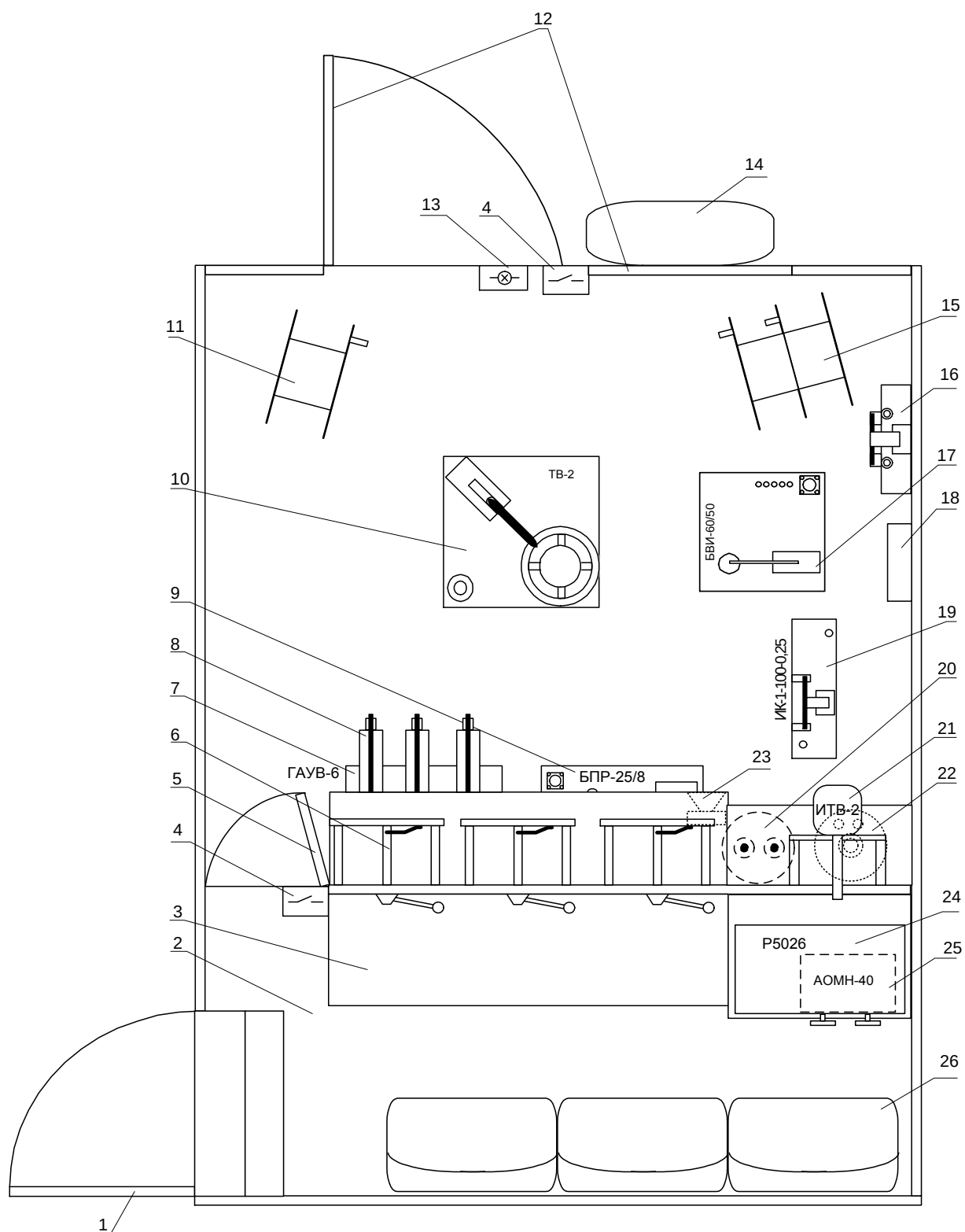


Рисунок 2.1 - Схема розміщення устаткування лабораторії ЕТЛ-35К.

1-двері бічні; 2- відсік оператора; 3-стійка керування; 4- вимикач блокувальний; 5- двері високовольтного відсіку; 6- перемикач високовольтний вибору фази; 7-генератор акустики ГАУВ-6-04; 8- короткозамикач трифазний; 9-

блок пропалювання БПР-25/8; 10- трансформатор вольтодобавочний ТВ-2 з короткозамикачем КЗМК-100; 11- блок барабанів 4,5,6; 12- двері задні; 13- світильник червоний; 14- запасне колесо; 15- блок барабанів 1,2,3; 16- короткозамикач КЗМК-10; 17- блок високовольтних досліджень БВИ-60/50-М2; 18- датчик напруги ДИН-1; 19- блок короткозамикача КЗМК-60; 20- трансформатор НОМ-10; 21- вимірник струму ИТВ-2-4; 22- конденсатор зразковий Р5023; 23- сирена; 24- міст високовольтний Р5026; 25- автотрансформатор регулюючий АОМН; 26- сидіння.

2.3 Пропалювання ізоляції силових кабелів

Основним призначенням пропалювання дефектної ізоляції є зниження перехідного опору в місці дефекту, що дозволяє застосовувати відомі методи як для визначення відстані до місця пошкодження кабелю, так і місця пошкодження безпосередньо на трасі кабельних ліній. Для ефективного визначення відстані до місця пошкодження і самого місця пошкодження потрібно, щоб перехідний опір у місці дефекту було в межах від десятків Ом до одиниць кілоОм.

Після зниження опору в місці пошкодження використовується один з найефективніших методів - акустичний. У випадку неможливості визначення місця однофазного пошкодження на трасі кабельної лінії акустичним методом (сильні акустичні перешкоди, велика глибина прокладки кабелю, відсутність документації на прокладку кабелю і т.д.) роблять пропалювання місця пошкодження за допомогою силової установки, що пропалює, з метою перекладу однофазного пошкодження в міжфазні (двухфазні). Визначення місця пошкодження в цьому випадку здійснюють індукційним методом.

Пропалювання роблять за рахунок енергії, що виділяється в каналі пробою. При цьому відбуваються обвуглювання ізоляції в місці пошкодження і зниження перехідного опору. Слід зазначити, що пропалювання також дозволяє безпосередньо і просто виявляти пошкодження в кінцевих закладеннях і на розкритих кабелях по нагріванню, появі диму і запаху гару. Варто мати на увазі, що ефективний прожиг має місце лише доти, поки значення опору в місці пошкодження має той же

порядок, що і внутрішній опір пропалюючої установки. Практично не можна створити пропалюючу установку, що забезпечує досить високу напругу і малий внутрішній опір. Тому єдино доцільним методом пропалювання є східчастий спосіб. Сутність його складається в зміні джерел харчування в міру зниження напруги пробою й опору в місці пошкодження. Джерело харчування більш низької напруги легше сконструювати з меншим внутрішнім опором. В даний час установки, що пропалюють, мають від 3 до 6 ступінчатого пропалювання.

Пропалювання може проводитися як на постійному, так і на змінному струмі. Верхні ступені пропалювання виконуються на випрямленій напрузі, а остання ступінь на змінній напрузі.

Розглянемо три основних випадки пропалювання ізоляції в силових кабелях.

Пропалювання ізоляції кабельних муфт

У кабельних муфтах виникають пошкодження, викликані дефектом монтажу, а також впливом кліматичних факторів (виникнення тріщин і порожнеч у мастиці). Даний вид пошкоджень виявляється при профілактичних випробуваннях. За допомогою випробувальної високовольтної установки на пошкодженій жилі кабелю піднімається напруга до пробою. При цьому після декількох пробойів напруга пробою чи не знижується при зниженій напрузі електрична міцність знову зростає. Такий характер процесу вказує на пошкодження сполучних (і дуже рідко - кінцевих) муфт.

У сполучних муфтах часто утворюються тріщини, порожнечі, що грають роль як би розрядників у газовому середовищі. Гази утворюються внаслідок розкладання кабельної маси під дією дуги. У момент пробою в таких порожнинах тиск різко підвищується, сприяючи гасінню дуги. Крім того, розряди по більш подовженим, чим у цілому місці кабелю, шляхом розплавлення кабельну масу, заливаючи канал розряду свіжою масою. Пробой в муфтах звуться "запливаючий пробій".

Якщо через 5-10 хвилин безупинного повторення пробойів розрядна напруга не знижується, пропалювання варто припинити і, зафіксувавши відстань до місця

пошкодження методом коливального розряду, уточнити на трасі місце розташування дефектної муфти індукційно-імпульсним і акустичним методами.

Пропалювання ізоляції кабелю

При профілактичних випробуваннях пошкодження може бути виявлене безпосередньо в кабелі в цілому місці. При цьому, якщо кабель добре просочений олією, пробої можуть повторюватися тривалий час до 5-10 хвилин, а іноді і довше. Після багаторазового повторення розрядів напруга пробою починає знижуватися, що дозволяє (при максимальному значенні середнього струму споживаною установкою) мати підвищену частоту пробойів. Як тільки напруга пробою знизиться до більш низьких значень включають пропалюючу установку на верхню ступінь пропалювання. Після того, як відбудеться осушення й обвуглювання ізоляції, процес безупинного чергування заряду і розряду в кабелі переходить у стійке протікання струму через місце пошкодження з поступовим зниженням перехідного опору. При цьому як тільки вдається знизити напругу пропалювання, необхідно переключити пропалювальну установку на більш низьку ступінь пропалювання. У процесі пропалювання опір у місці пошкодження може збільшитися й у цьому випадку необхідно повернутися на більш високу ступінь пропалювання, щоб домогтися зниження опору в місці пошкодження і напруги пропалювання. На низьких ступенях пропалювання при великих струмах у канал пошкодження попадають частки розплавленого металу як жили, так і оболонки кабелю, що викликає значне зниження опору в місці пошкодження. При утворенні суцільного металевого каналу перехідний опір знижується до часток Ома. У випадку, коли необхідно перевести однофазне пошкодження в міжфазні, використовується схема, зображена на Рисунок 2.2.

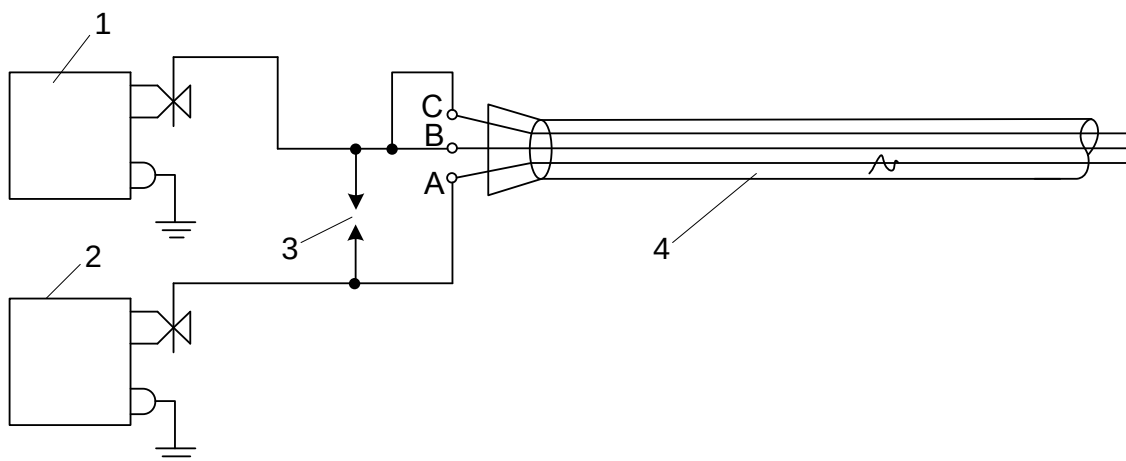


Рисунок 2.2 - Схема підключення устаткування при перекладі однофазного пошкодження в міжфазні (двухфазні):

1 - випробувальна установка постійного струму; 2 - пропалювальна установка;
3 - розрядник; 4 - пошкоджений кабель

За допомогою пропалювальної установки здійснюється пропалювання ізоляції пошкодженої жили А кабелю. Випробувальна установка постійного струму включена на дві неушкоджені жили і через розрядника до пошкодженої жили А. Ємність двох жил кабелю заряджається за допомогою випробувальної установки до напруги пробою розрядника, що встановлюється рівним 5-10 кВ, і імпульс струму розряду руйнує, що утвориться під дією струму від пропалювальної установки провідний місток у місці пошкодження. Періодичне створення за рахунок струму пропалювання і руйнування внаслідок струму розряду ємності двох неушкоджених жил провідного містка збільшує обсяг руйнування ізоляції. Наявність напруги від випробувальної установки на неушкоджених жилах кабелю в перехідному режимі збільшує ймовірність пробою з цих жил на пошкоджену. У випадку пробою стає неможливим підняти напругу від випробувальної установки, внаслідок чого перестає спрацьовувати розрядник. Слід зазначити, що не завжди вдається перевести однофазне замикання в міжфазні.

У випадку, коли пропалювання відбувається протягом тривалого часу при постійному струмі від пропалювальної установки, а опір у місці пошкодження не знижується і складає близько 1000-5000 Ом, пропалювання варто припинити, тому

що місце пошкодження з отвором в оболонці кабелю може знаходитися у воді. Знизити опір у місці дефекту при таких пошкодженнях не вдається.

Руйнування металевго спаю (зварювання) при однофазних пошкодженнях

Якщо через пошкоджену жилу кабелю довгостроково протікав струм однофазного короткого замикання на оболонку, то в місці пошкодження можливе зварювання струмоведучої жили з оболонкою, що екранує. Зруйнувати місце зварювання пропалюванням часто не вдається, без чого не завжди можна визначити місце пошкодження на трасі кабельної лінії. Для руйнування місця зварювання потрібно зібрати схему подачі високовольтної хвилі від зарядженого конденсатора (Рисунок 2.3). Ємність конденсатора вибирається максимальної і при цьому можна підключити до установки ємність неушкоджених жил кабелю. При подачі високовольтної хвилі від зарядженого конденсатора за рахунок ударних динамічних зусиль при імпульсному розряді відбувається руйнування провідного містка. Однак часте місце зварювання виявляється досить міцним і цим методом так само не дає результату. У цьому випадку для руйнування металевго спаю можна використовувати схему, показану на Рисунок 3.4. Випрямну установку трифазного струму підключають до пошкодженої жили кабелю на кілька секунд, протягом яких через місце пошкодження протікає великий струм (до 400 А), що розігріває спай у місці пошкодження і руйнує його. Але навіть за допомогою випрямної установки не завжди можна зруйнувати металевий спай у місці пошкодження, особливо на кабелях ААБ.

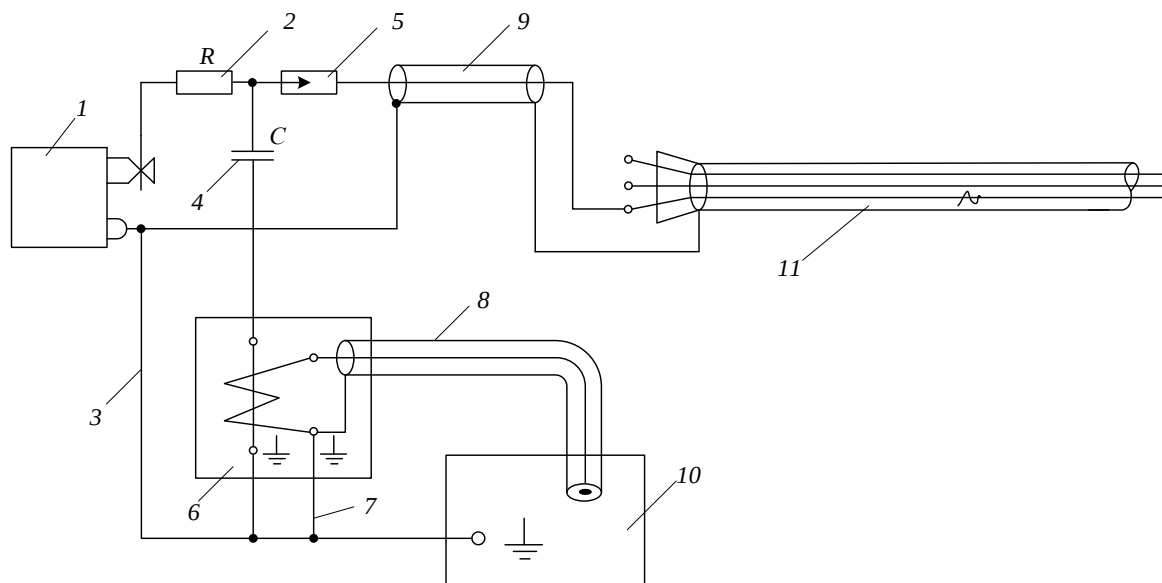


Рисунок 2.3 - Схема підключення приладів при вимірі відстані до місця пошкодження з перехідним опором від одиниць до сотень кілоОм при установці вимірника ЦРО200 і приєднувального пристрою струму в пересувній вимірювальній лабораторії:

1 - високовольтна випробувальна установка; 2 - зарядний резистор; 3 - ланцюг заземлення високовольтної випрямної установки; 4 - високовольтний конденсатор; 5 - керований розрядник; 6 - приєднувальний пристрій струму; 7 - ланцюг заземлення приєднувального пристрою струму і вимірника ЦРО200; 8 - сполучний кабель; 9 - високовольтний екранований кабель; 10 - вимірник ЦРО200; 11 - пошкоджений силовий кабель

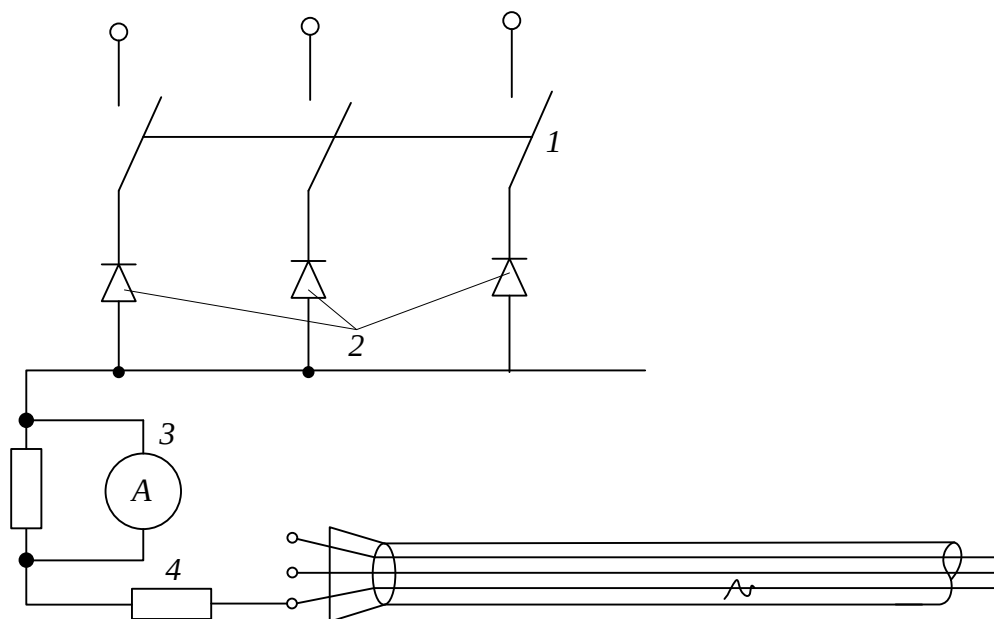


Рисунок 2.4 - Схема підключення випрямної установки трифазного струму для руйнування місця зварювання:

1 - вимикач зі струмової установки; 2 - випрямлячі; 3 - амперметр;
4 - обмежувачий резистор

При роботі на кабелі повинні дотримуватися вимоги "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок"

Вимоги до складу і персоналу бригади:

- Бригада, що робить випробування, повинна складатися не менш чим із двох чоловік: виконавця робіт із кваліфікаційною групою по техніці безпеки не нижче IV і члена бригади з кваліфікаційною групою по техніці безпеки не нижче III.
- Бригада, що робить відшукування місця пошкодження кабелю індукційним і акустичним методами, повинна складатися не менш чим із трьох чоловік, тому що один член бригади (вимірник) працює на трасі кабелю, а працювати на установці повинні два чоловіки - виконавець робіт і один член бригади. Виконавець робіт повинний мати не нижче IV кваліфікаційної групи по техніці безпеки, а члени бригади - не нижче III кваліфікаційної групи.
- Бригада, що робить відшукування місця пошкодження кабелю тільки за допомогою приладів P5-5, P5-8, P5-9, P5-10 без використання підвищеної напруги, може

складатися з двох чоловік: виконавця робіт - IV кваліфікаційна група по техніці безпеки і члена бригади - III кваліфікаційна група по техніці безпеки.

- Персонал, що робить випробування чи відшукування місця пошкодження, повинний мати спеціальну підготовку і пройти перевірку знань правил вимірювань в обсязі "Іспити і виміри", "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок" і мати відповідний запис у посвідченні.

Виконавець робіт, крім того, повинний для придбання практичного досвіду пройти стажування протягом одного місяця під контролем досвідченого працівника.

Персонал, що виставляється як охорону для запобігання наближення сторонніх облич до випробувальної установки, сполучним проводам і випробовуваному устаткуванню, повинний мати не нижче II кваліфікаційної групи по техніці безпеки.

Вимоги до випробувальних і вимірювальних установок

Для випробовування і відшукування місць пошкодження кабельних ліній повинні використовуватися пересувні випробувальні лабораторії.

При неможливості використання пересувної лабораторії (неможливо під'їхати до місця випробування на ТЭЦ і т.п.) допускається використання тимчасових переносних установок.

Приєднання випробувальної установки до мережі напругою 380/220 В повинне вироблятися через комутаційний апарат з видимим розривом чи ланцюга через штепсельну вилку, розташовані на місці керування установкою.

Комутаційний апарат повинний бути обладнаний стопорним чи пристроєм між рухливими і нерухомими контактами апарата повинна бути встановлена ізолююча прокладка.

У пересувній чи переносній випробувальних установках робоче місце оператора повинне бути відділене огороженням від частини установки вище 1000В.

Двері відсіку з частиною установки вище 1000В повинна бути постачена блокуванням, що забезпечує зняття напруги у випадку відкриття дверей і неможливість подачі напруги при відкритих дверях.

На робочому місці оператора повинна бути роздільна світлова сигналізація про включення напруги до і вище 1000 В.

Пересувні установки повинні бути оснащені світловою сигналізацією, що діє, коли вивід високої напруги знаходиться під напругою.

Для одержання випрямленого струму підвищеної напруги повинні застосовуватися схеми з твердими випрямленими.

Експлуатувати кенотронні випробувальні установки впливає згідно "Типової інструкції з техніки безпеки для персоналу, що обслуговує кенотронні установки" (М.: СЦНТИ Энергонт ОРГРЭС, 1972), що передбачає міри захисту обслуговуючого персоналу від шкідливого впливу рентгенівського випромінювання.

Перетин мідного проводу, застосовуваного в випробувальних схемах для заземлення, повинне бути не менш 4 мм², крім той корпус пересувної установки повинний бути заземлений окремим проводом перетином не менш 10 мм².

У переносних тимчасових випробувальних установках повинне бути передбачене заземлення всіх складових частин мідним проводом перетином не менш 4мм².

Приєднання проводу установок, що заземлює, до контуру заземлення повинне здійснюватися болтовим чи з'єднанням за допомогою струбцини.

Випробувальне устаткування, випробувальні установки і сполучні проводи між ними повинні бути обгороджені щитами, канатами і т.п. з вивішуванням плакатів: "Стій! Висока напруга!", звернених лицьовою стороною назовні.

При використанні тимчасових переносних випробувальних установок необхідно дотримувати наступні вимоги:

- робоче місце оператора повинне бути відділене від частини установки з напругою вище 1000 В тимчасовим огороженням за допомогою щитів, канатів і т.п. з вивішуванням на них плакатів "Коштуй! Висока напруга!";

- відстань від частин установки, що знаходяться під випробувальною напругою, до огороження, що відокремлює робоче місце оператора, повинне бути не менш зазначених у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Мінімальні припустимі відстані від струмоведучих частин до тимчасових огорожень

Напруга електроустановки,кВ	Відстань,м
6-35	0,6
60-110	1,0
220	2,0

- частина установки з напругою вище 1000 В повинна знаходитися з однієї сторони від оператора, а саме перед його робочим місцем так, щоб оператор мав можливість бачити безпосередньо всю установку;
- забороняється розташування частини установки з напругою вище 1000 В позаду чи збоку від оператора;
- повинний бути забезпечений вільний вихід з робочого місця оператора у вільну зону;

Вимоги техніки безпеки до проведення робіт на кабелі

При роботах на кабелі, протилежний кінець якого розташований у замкненій камері, осередку РУ чи в приміщенні, на дверях чи огороженні цієї камери, осередку РУ чи приміщення повинний бути вивішений плакат "Стій! Висока напруга!". Якщо двері чи огороження не замкнені або роботи виробляються на ремонтному кабелі з розділеними на трасі кінцями, то крім вивішування плакатів у дверях, огорожень і в розділених кінців кабелю повинна бути виставлена охорона з включених до складу бригади чи працівників чергового персоналу. Обличчя, що несуть охорону, зобов'язані знаходитися поза огороженням і повинні запобігати наближенням облич до охоронюваного устаткування.

Обличчя, що несе охорону випробувального устаткування, повинні вважати це устаткування, що знаходиться під напругою. Виконавець робіт повинний переконатися в тім, що обличчя, призначені для охорони, знаходяться на посадах і сповіщені про початок роботи. Залишити посаду ці обличчя можуть тільки з дозволу виконавця робіт.

Знімати накладені в електроустановці заземлення, що перешкоджають проведенню випробувань, і накладати їх знову можна тільки за вказівкою обличчя, що керує випробування, після заземлення виводів високої напруги випробувальної установки.

При зборці досліджуваної схеми насамперед повинне бути виконане захисне і робоче заземлення випробувальної установки і, якщо потрібно, захисне заземлення жил кабелю. При випробовуванні кабельних ліній 110 і 220 кВ варто заземлити сусідні фази і кабелі, на яких немає напруги.

Випробувати чи пропалювати кабель потрібно з боку пунктів, що мають контури, що заземлюють. Проведення цих робіт при відсутності контуру, що заземлює, допускається у виняткових випадках з дозволу керівництва підприємства.

При необхідності використовувати гвинтові заземлювачі чи природні заземлювачі - оболонки кабелів, опори повітряних ліній і т.п., потрібно провести контрольний вимір опору розтіканню струму вимірником заземлення.

Заземлення вважається придатним, якщо значення опору не перевищує 30 Ом.

Перед приєднанням випробувальної установки до мережі 380/220 В на виводи високої напруги установки повинна бути накладена заземлення.

Приєднувати сполучний провід до жил кабелю і від'єднувати його дозволяється тільки за вказівкою обличчя, що керує роботою, тільки після заземлення жил кабелю, що може бути виконано включенням ножів, що заземлюють, чи накладенням переносних заземлень, у тому числі спеціальних лабораторних, що мають ізолюючі рукоятки.

Перед подачею напруги виконавець робіт зобов'язаний перевірити правильність зборки схеми, надійність робочих і захисних заземлень, чи всі члени бригади знаходяться на зазначених місцях, чи вилучені сторонні обличчя і чи можна подавати напругу на кабель. Попередити бригаду про подачу напруги на кабель і, переконавши, що попередження почуте всіма членами бригади, зняти заземлення з виводу високовольтної установки і подати на неї напруга 380/220В.

З моменту зняття заземлення вся випробувальна установка, включаючи випробовуваний кабель і сполучні проводи, повинна вважатися під напругою і

робити які-небудь перез'єднання в випробувальній схемі і на випробовуваному кабелі забороняється.

При використанні пересувної лабораторії забороняється вхід в установку і вихід з її після підйому напруги, а також дотик до кузова людей, що стоять на землі.

Після закінчення випробувань виконавець робіт повинний знизити напругу випробувальної установки до нуля, відключити установку від мережі 380/220 В, розрядити кабель і установку через розрядний пристрій, що представляє собою штангу з додатковим чи резистором установлені на ножі, що заземлює, у пересувній лабораторії резистори. Після цього виконавець робіт повинний накласти заземлення на установку і випробовуваний кабель і сповістити про це бригаді. Потім можна робити перез'єднання на кабелі й в випробувальній установці, а у випадку повного закінчення випробувань від'єднувати установку і знімати огороження.

При вимірі мегаомметром опору ізоляції жил кабелю сполучні проводи повинні накладатися за допомогою ізолюючих тримачів (штанг). В електроустановках вище 1000 В, крім того, потрібно користатися діелектричними рукавичками.

Після закінчення виміру з кабелю, що перевіряється, потрібно зняти заряд за допомогою накладення заземлення.

Вимірювати опір ізоляції мегаомметром дозволяється одному обличчю, що має III групу по техніці безпеки. У тих випадках, коли цей вимір входить у зміст робіт, виконуваних по наряді чи по розпорядженню, обмовляти його в наряді чи в розпорядженні не потрібно.

При роботі на кабелі забороняється:

- працювати на кабелі під час його чи пропалювання випробування;
- при пропалюванні кабелю знаходитися в кабельному колодязі;
- у тунелях і колекторах допускається перебування людей тільки на ділянках між двома відкритими входами;
- застосовувати силові чи трансформатори інші могутні джерела змінного чи постійного струмів для пропалювання, руйнування "глухого" замикання на землю і т.п., якщо пошкоджений кабель знаходиться в кабельному спорудженні;

- застосовувати рідинні реостати без огороження їхніх струмоведучих частин.

2.4 Випробування кабельних ліній

Випробування кабельних ліній виконуються згідно з ГОСТ 1516.1, ГОСТ 1516.2, ГОСТ 1516.3, стандартом МЕК 60270 та СОУ-Н МПЕ 40.1.20.509.

Для більш ефективного використання методів випробування кабельних ліній технічний стан їх має визначатися не тільки порівнянням результатів конкретних випробувань з нормативними значеннями, а й урахуванням результатів усіх проведених випробувань, оглядів і даних експлуатації. Результати, отримані під час випробувань кабельних ліній, треба порівнювати з результатами вимірювань, отриманих на інших фазах кабелю або на ідентичних кабельних лініях. Головним при цьому є співвідношення виміряних параметрів х їх початковим значенням і оцінювання відхилень, які мають місце, від початкових значень. Наявність відхилень, які перевищують нормативні значення. Свідчить про наявність дефектів. Як початкові значення приймають значення параметрів, отриманих на час приймання кабельних ліній в експлуатацію.

Для якісного й безперебійного електропостачання споживачів має бути організоване швидке усунення пошкоджених кабельних ліній – пошук місць пошкодження та ремонт. Тому підприємства, що експлуатують кабельні лінії, мають бути укомплектованими сучасними спеціальними пересувними атестованими та акредитованими для виконання робіт лабораторіями з випробування, діагностики та пошуку місць пошкоджень кабельних ліній. Результати всіх випробувань, вимірювань, оглядів кабелів і трас заносяться у паспорт кабельних ліній (затвердженим технічним керівником підприємства).

Послідовність випробування кабелів в лінії після прокладання:

1. Перевірка неприєднаності робочих та повертових жил;
2. Відповідність жил;
3. Вимірювання активного опору ізоляції – на довжині 1 км – не менше ніж 100 МОм;

4. Випробування ізоляції на пробої – значення випробувального постійної чи випрямленої напруги для кабелів на номінальну напругу 6\10 кВ – 27 кВ. Тривалість випробування 20 хвилин;
5. Перевірка герметичності поліетиленової оболонки – постійною чи випрямленою напругою величиною 5 кВ на протязі 2 хвилин.

В даній таблиці описуються порівняльні характеристики випробувань на різних відрізках кабельних ліній марки XnRUNKXS 1×500 RMC / 70 згідно стандарту –TF-501:2002 з конструкцією робочої жили з заданою мінімальною кількістю проволок 53 та мінімальною вимірювальною кількістю – 60.

А саме виконуються вимірювання по параметрам: мінімальна товщина екрана робочої жили, мінімальна товщина ізоляції, середня товщина ізоляції, мінімальна товщина екрана поверхні ізоляції, , мінімальна та середня товщина поверхневої оболочки, діаметра кабеля, активного опору робочої жили Ω / км, рієнь часткових розрядів $pC=>U_0$ та стійкості ізоляції до випробувальної напруги.

Порівнюючи ці характеристики можна зробити висновок, що кабель відповідає вищевказаному стандарту і не має пробоїв в ізоляції даного кабеля.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перед проведення будь-яких робіт потрібно провести організаційні та технічні заходи. А саме:

Організаційні загальні вимоги:

- призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видавання наряду або розпорядження;
- видавання дозволу на підготовку робочих місць та на допуск;
- підготовка робочого місця та допуск до роботи;
- нагляд під час виконання роботи;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Послідовність виконання технічних заходів:

Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилкового або самочинного вмикання, комутаційної апаратури;
- вивісити заборонені плакати на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою. За необхідністю струмовідні частини слід огороджувати;
 - приєднати до «землі» переносні заземлення;
 - перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмовідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
 - встановити заземлення безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати «Заземлено» на приводах вимикальних комутаційних апаратів;
 - огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмовідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороження плакати безпеки.

Залежно від місцевих умов струмові дні частини огорожують до або після їх заземлення.

Земляні роботи

1. Земляні роботи, пов'язані з ремонтом або прокладанням кабелю в зоні розташування підземних споруд та комунікацій, слід проводити з письмового дозволу керівників підприємства або цеху, відповідальних за експлуатацію цих споруд та комунікацій. До дозволу слід додавати план з вказівкою про розміщення та глибину закладання комунікацій.

2. У разі пошкодження підземної споруди, яке спричиняє небезпеку для тих, хто працює, або у разі виявлення не зазначених на планах кабелів, трубопроводів, підземних споруд, боєприпасів керівник робіт повинен негайно припинити роботи у цьому місці і повідомити про те, що сталося, працівнику, який видав наряд, та організації-власнику виявленої (пошкодженої) споруди. Виконання робіт можна продовжити тільки після отримання дозволу від відповідальних організацій.

3. У разі виявлення у траншеях або котлованах запаху газу роботи в них слід негайно припинити, а працівників вивести з небезпечної зони. Роботи можна поновити тільки після усунення причин витікання газу.

4. Забороняється застосування машин та механізмів ударної дії ближче 5 м від траси кабелів, а землерийних машин – в межах охоронної зони кабельних ліній.

5. Застосування землерийних машин в межах охоронної зони кабельних ліній дозволяється тільки під час проведення розкопок, під наглядом працівників, які експлуатують цю лінію. У разі проведення розкопок безпосередньо над кабелем застосування землерийних машин та пневматичних інструментів, а також ломів та кирок допускається тільки на глибину, при якій до кабелю або захисного покриття залишається шар ґрунту не менше як 0,3 м. Подальше виймання ґрунту слід проводити вручну лопатами.

6. Взимку виймання ґрунту лопатами можна починати тільки після його відігрівання. В цьому разі наближення джерела тепла до кабелів допускається не ближче ніж на 15 см.

7. Місце робіт, де проводиться копання котлованів, траншей або ям, слід огородити відповідно до вимог СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве». На огороженні встановити попереджувальні знаки і написи, а в нічний час сигнальне освітлення.

8. Під час копання траншей у слабкому або вологому ґрунті, коли є загроза обвалу, їхні стіни повинні бути надійно укріплені.

У сипких ґрунтах роботи можна проводити без укріплення, але з укосами, що відповідають куту природного укосу ґрунту.

9. В ґрунтах з природною вологістю, у разі відсутності ґрунтових вод і розташованих поблизу підземних споруд, копання котлованів та траншей з вертикальними стінками без укріплення дозволяється на глибину не більше: 1м – в насипах, піщаних та великоуламкових ґрунтах; 1,25м – в супісках; 1,5м – в суглинках і глинах. У щільних зв'язних ґрунтах траншеї з вертикальними стінками рити роторними та траншейними екскаваторами без встановлення укріплень допускається на глибину не більше 3м.

Забороняється у цьому разі працівникам спускатись в траншеї. В місцях траншеї, де необхідно перебувати працівникам, слід влаштувати укріплення або робити укоси.

Взимку розроблення ґрунту (крім сухого) на глибину промерзання допускається без укріплення.

10. За умов, що відрізняються від зазначених в пункті 9 цих Правил, котловани та траншеї слід розробляти з укосами без укріплень або з вертикальними стінками, закріпленими по всій висоті.

11. Влаштування укріплень котлованів та траншей глибиною до 3 м, як правило, повинно бути інвентарним та виконуватись за типовими проектами.

12. Проведення робіт в котлованах та траншеях зі зволоженими укосами дозволяється тільки після ретельного огляду керівником робіт (майстром) стану ґрунту, укосів.

Підвішування і кріплення кабелів та муфт

1. Розкриті муфти слід закріплювати на дошці, що підвішена за допомогою дроту або тросів до перекинутих через траншею брусів, та закривати коробами. Одна стінка короба повинна бути знімною та закріплюватись без використання цвяхів.

На короби, що закривають відкопані кабелі, необхідно вивісити попереджувальні плакати або знаки безпеки.

2. Забороняється використовувати для підвішування кабелів сусідні кабелі, трубопроводи тощо. Кабелі слід підвішувати, не допускаючи їх зміщення.

Розкривання муфт, розрізання кабелів

1. Перед розкриванням муфт або розрізанням кабелю необхідно впевнитись в тому, що робота буде виконуватись на кабелі, який підлягає ремонту, що цей кабель вимкнено і вжито інших технічних заходів, необхідних для допуску до робіт на ньому.

2. На робочому місці розміщення кабелю, що підлягає ремонту, слід визначити:

- у разі прокладання кабелю в тунелі, колекторі, каналі та інших кабельних спорудах або по стінках будівель – простеженням, звірюванням розкладки з кресленнями та схемами, перевіркою за бирками;

- у разі прокладання кабелю в землі – звірюванням його розміщення з кресленнями прокладання. З цією метою слід попередньо викопати контрольну траншею (шурф) впоперек пучка кабелів, яка дає змогу бачити всі кабелі.

3. В усіх випадках, коли відсутнє видиме пошкодження кабелю, слід застосувати кабелепошукові апарати.

4. Перед розрізуванням кабелю або розкриванням з'єднувальної муфти необхідно упевнитись у відсутності напруги за допомогою спеціального пристосування. Це пристосування повинно забезпечити проколювання або розрізування броні і оболонки кабелю до жил із замиканням їх між собою і заземленням. Спеціальне пристосування, як правило, повинно бути з дистанційним керуванням.

У тунелях, колекторах, колодязях та інших кабельних спорудах застосовувати спеціальні пристосування без дистанційного керування не допускається

5. Для заземлення спеціального дистанційного пристосування слід застосовувати заземлювач, заглиблений у ґрунт на глибину не менше 0,5 м.

6. Якщо внаслідок пошкоджень кабелю залишились відкритими всі струмовідні жили, відсутність напруги можна перевіряти безпосередньо показником напруги без проколювання кабелю.

7. У разі використання пристосування у вигляді ізолювальної штанги з голкою і різальним наконечником необхідно застосувати спеціальний металевий захисний екран.

Для проколювання кабелю слід надягати діелектричні рукавички та захисні окуляри. У цьому разі стояти слід на ізоляційній основі зверху траншеї якомога далі від кабелю, що проколюється.

Проколювання кабелю повинні здійснювати два працівники: допускатч та керівник робіт; один з них безпосередньо проколює кабель, а другий спостерігає. У разі, якщо керівник робіт суміщає обов'язки допускатча, другим працівником може бути працівник з групою IV.

8. На внутрішній кабельних лініях електростанцій та підстанцій, де довжина та спосіб прокладання кабелів дозволяють, користуючись кресленнями, бирками, кабелепошуковим апаратом, точно визначити кабель, що підлягає ремонту, допускається за рішенням працівника, який видав наряд, не проколювати кабель перед його розрізуванням або розкриванням муфти.

9. Розкривати з'єднувальні муфти та розрізувати кабель у тому разі, коли попереднє проколювання не робиться, слід заземленим інструментом,, надягнувши діелектричні рукавички і захисні окуляри та стоячи на ізолювальній основі.

Після попереднього проколювання ті самі операції на кабелі можна виконувати без зазначених додаткових заходів безпеки.

Роботи із сумішами для заливання муфт

1. Суміші для заливання муфт необхідні розігрівати у спеціальному металевому посуді з кришкою та носиком.

2. Під час роботи з гарячими сумішами для заливання муфт і припоєм необхідно користуватись брезентовими рукавицями і захисними окулярами.

Рукава одягу слід зав'язувати біля зап'ястя поверх рукавиць або застосовувати рукавиці довжиною до ліктя

Забороняється передавати посуд з гарячими сумішами та припоєм з рук в руки.

У разі передавання посуду з гарячими сумішами слід ставити їх на землю або на міцну основу. Піднімати або опускати розігріту масу необхідно обережно за допомогою сталевого тросика з карабіном.

Працівників із зони піднімання або опускання гарячої суміші необхідно відвести на безпечну відстань.

Забороняється переносити гарячі суміші по тимчасових драбинах або містках, а також стояти або проходити під місцем роботи під час заливання суміші.

3. Перемішувати розплавлені суміші для заливання муфт або припій слід попередньо нагріти металевим прутиком чи ложкою. Попадання води в гарячі суміші і припій не допускається.

В холодну пору року муфти перед заливанням їх гарячими сумішами слід прогріти.

4. Працівників, які виконують роботи з епоксидними компаундами і затверджувачами, слід проінструктувати про токсичні властивості цих матеріалів та заходи безпеки під час проведення робіт з ними.

Прокладання та перекладання кабелів, перенесення муфт

1. У разі перекочування барабана з кабелем необхідно вжити заходів проти захоплення виступаючими частинами барабана одягу тих, хто працює.

Барабан з кабелем дозволяється перекочувати тільки по горизонтальній поверхні по твердому ґрунту або міцному настилу за наявності гальмівного пристрою.

Розміщувати кабелі, барабани, механізми, пристрої та інструменти слід поза призвою обвалення ґрунту і не ближче 1 м від краю траншеї.

2. У разі ручного прокладання кабелю працювати слід в брезентових рукавицях.

Забороняється піднімання, кріплення і рихтування кабелю, маса 1 м якого більше ніж 1 кг, з приставних драбин та стрем'янок (драбинок).

3. Забороняється під час прокладання кабелю стояти всередині кутів повороту, а також підтримувати кабель вручну на поворотах траси (з цією метою слід встановлювати кутові ролики).

4. Забороняється застосовувати трансформатори напругою понад 380 В для прогрівання кабелів електричним струмом.

5. Перекладати кабелі і переносити муфти слід після вимикання кабельної лінії та її заземлення.

Перекладання кабелів, що перебувають під напругою, допускається у разі необхідності і за таких умов:

- кабель, що перекладається, повинен мати температуру не нижче плюс 5 °С;
- муфти на ділянці кабелю, що перекладається, повинні бути жорстко закріплені на дошках хомутами;
- для роботи слід використовувати діелектричні рукавички, поверх яких для захисту від механічних пошкоджень повинні надягатись брезентові рукавиці;
- роботу повинні виконувати працівники, які мають досвід прокладання кабелів, під наглядом працівника з групою V зі складу керівників або спеціалістів.

Роботи в підземних спорудах

1. Огляд підземних споруд, що не належать до газонебезпечних, і роботи в них (прибирання, фарбування, будівельний ремонт та ін.) повинні проводити не менше як два працівники. На електростанціях і підстанціях оглядати колектори та тунелі може один працівник з групою ІІІ.

2. Роботи в підземних спорудах, де можлива поява шкідливих газів, повинні проводити за нарядом не менше трьох працівників, з яких двоє страхувальники. Керівник робіт повинен мати групу ІV.

3. У кожному цеху (районі, ділянці) необхідно мати перелік газонебезпечних підземних споруд. З цим переліком слід ознайомити працівників, які обслуговують такі споруди.

Всі газонебезпечні підземні споруди слід позначити на схемі.

4. До початку та під час виконання робіт в підземній споруді слід забезпечити природну або примусову вентиляцію.

Природна вентиляція створюється відкриванням не менше двох люків з установленням біля них спеціальних козирків для спрямування повітряних потоків.

Примусова вентиляція забезпечується вентилятором або компресором протягом 10-15 хв. до повного обміну повітря в підземній споруді за допомогою рукава, що опускається вниз і не досягає дна на 0,25 м.

Забороняється застосовувати для вентиляції балони зі стисненими газами.

5. Забороняється починати роботу в підземних спорудах без перевірки на загазованість. Перевірку повинні проводити працівники, навчені користуванню приладами. Список цих працівників затверджується наказом по підприємству.

Забороняється перевіряти відсутність газів за допомогою відкритого вогню.

6. Перед початком виконання робіт в колекторах та тунелях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією, останню слід привести в дію на термін, що визначається місцевими умовами. Відсутність газу в цьому разі можна не перевіряти.

7. Під час виконання роботи в колекторах та тунелях слід відкрити два люки або двоє дверей в таких місцях, щоб ті, хто працює, перебували між ними. Біля

відкритого люка слід встановити попереджувальний знак або встановити огороження.

8. Для відкривання колодязів необхідно застосовувати інструмент, що не дає іскроутворення, а також запобігати ударам кришки об горловину люка.

Біля відкритого люка колодязя слід встановити попереджувальний знак або встановити огороження.

9. В колодязі допускається перебувати і працювати одному працівнику з групою III із застосуванням запобіжного пояса із страхувальним канатом.

Запобіжний пояс повинен мати наплічні ремені, перехрещені за спиною, з кільцем на перехресті для кріплення каната. Другий кінець каната повинен тримати один із страхувальників.

10. Забороняється під час проведення робіт в колодязях розпалювати в них паяльні лампи, встановлювати балони з пропан-бутаном, розігрівати суміші для заливання муфт і припій.

Опускати в колодязь розплавлений припій та розігріті суміші для заливання муфт слід в спеціальному закритому посуді, підвішеному за допомогою карабіна до металевого тросика.

Опускати посуд з сумішами в колодязь необхідно після виведення з нього всіх працівників.

У разі проведення вогневих робіт необхідно застосовувати щитки з вогнетривкого матеріалу, що обмежують поширення полум'я, та вжити заходів щодо запобігання виникненню пожеж.

11. В колекторах, тунелях, кабельних півповерхах та в інших приміщеннях, в яких прокладені кабелі, під час виконання робіт з використанням пропан-бутану сумарна місткість балонів, що знаходяться в приміщенні, не повинна перевищувати 5 л.

Після закінчення робіт необхідно видалити балони з газом, а приміщення провентилувати.

12. Забороняється перебувати в колодязях під час пропалювання кабелю, а у тунелях та колекторах допускається бути тільки на ділянках між двома відкритими входами.

Забороняється працювати на кабелях під час їх пропалювання. Після пропалювання, щоб запобігти пожежі, необхідно оглянути кабелі.

13. Перед допуском до робіт та проведенням огляду кабельних півповерхів та тунелів пристрої протипожежного захисту необхідно перевести з автоматичного режиму на дистанційне керування і на ключі керування вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

14. Забороняється палити в колодязях, колекторах та тунелях, а також поблизу відкритих люків.

15. У разі проведення тривалих робіт в колодязях, колекторах та тунелях тривалість перебування в них, залежно від умов виконання робіт, визначає працівник, який видає наряд.

16. У разі появи газу роботу в підземних спорудах необхідно негайно припинити, працівників вивести з небезпечної зони до виявлення джерела загазованості та його усунення

Для витиснення газів необхідно застосовувати примусову вентиляцію.

Роботи за допомогою ЕТЛ-35До повинні виконуватися бригадою в складі не менше 2-х людей, що зобов'язані:

- пройти перевірку за технікою безпеки і мати посвідчення на допуск до робіт на установках напругою вище 1000В не нижче III й IV кваліфікаційної групи відповідно;

- ретельно вивчити дійсне керівництво й інструкції з експлуатації приладів і установок, що входять до складу лабораторії.

На підприємстві, де експлуатується лабораторія, наказом (чи розпорядженням) адміністрації з числа підготовленого персоналу повинне бути призначене обличчя, відповідальне за безпечне провадження робіт і технічний стан лабораторії.

Робоче місце персоналу повинне відповідати вимогам пожежної безпеки. Роботу на лінії можна проводити тільки після виконання всіх організаційних і

технічних заходів, проведених по наряді на виконання робіт для відшукування місця пошкодження кабельних ліній. Сюди входить огороження робочого місця, відключення і заземлення струмоведучих шин, розвішування плакатів, організація нагляду і т.п..

Усі відключення і підключення до випробуваного кабелю повинні вироблятися тільки після накладення заземлення.

Необхідно ретельно стежити за станом провідників, що заземлюють, надійно заземлювати ЕТЛ-35До при роботі з нею.

Необхідно стежити за надійністю приєднання приладів і пристроїв, розташованих усередині лабораторії, до внутрішньої шини заземлення.

Робота без заземлення категорично забороняється!

Забороняється робота на ЕТЛ-35До при несправній звуковій чи світловій сигналізації.

Забороняється робота на ЕТЛ-35До при наявності конденсату, вологи чи інія на ізоляторах і струмопровідниках.

Усі ремонтні роботи варто робити тільки при повному відключенні ЕТЛ-35До від мережі. Техобслуговування і ремонт ГАУВ-6-04 варто робити тільки накладанням перемичок на виходи конденсаторів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В цьому розділі розглядається ідея розроблення стартап проєкту прокладання кабельних ліній електропередачі в полімерних трубах з метою:

- підвищення термічної стійкості протягом усього терміну служби кабельної лінії;
- підвищення пожежної безпеки;
- підвищення надійності захисту від механічних ушкоджень;
- підвищення теплопровідності;
- запобігання пошкодженню кабельних ліній у разі просадки ґрунту або дорожнього покриття;
- підвищення економічності, зручності, безпеки та швидкості монтажних робіт.

Для цього розділ розроблення стартап-проєкту розділено на такі основні етапи:

- технологічний аудит ідеї проєкту;
- аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту;
- фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проєкту; Враховуючи особливості технологій прокладання кабелю, таких як:

- прокладання кабелю в землі зімкнутим трикутником;
- прокладання кабелю в землі трикутником на відстані між осями рівній діаметру труби;
- прокладання кабелю в залізобетонних лотках;
- прокладання кабелю в трубах трикутником на відстані між осями рівній діаметру труби.

Проведено порівняння впливу основних показників на економічну ефективність різних можливих варіантів прокладання кабелю.

Враховуючи велике значення об'єктів енергетики для економічного розвитку, екологічних та соціальних умов життя, обґрунтування будівництва або розширення таких методів будівництва здійснюється з урахуванням державних регіональних інтересів, відповідно до інвестиційного законодавства України.

Нове будівництво та заміна застарілого чи перевантаженого енергетичного обладнання потребує великих інвестицій, для залучення яких потрібно обґрунтувати необхідність та ефективність їх вкладень, а також можливості швидкого повернення інвестицій.

Підвищення ефективності використання коштів означає правильний вибір для їх використання. Сучасні науково-технічні розробки включають різноманітні технічні методи, варіанти вирішення технічних завдань. Усі технічні, економічні, соціальні, екологічні та інші наслідки кожного методу мають бути належним чином оцінені, оскільки вони можуть спричинити додаткові витрати навіть в інших галузях.

Опис ідеї стартап-проєкту зведений в табл. 4.1.

Запропонований перелік сфер застосування стартап-проєкту та його цілей є основою для визначення його сильних і слабких сторін під час порівняння існуючої діяльності в певному напрямку.

Наразі в Україні даний метод прокладання мало застосовується через високу вартість кабельних ліній і існує можливість тільки для поступового переведення, а отже для його застосування необхідне обґрунтоване рішення.

Полімерні труби виготовляються зі спеціальним внутрішнім негорючим шаром для запобігання горінню кабелю, припаювання кабелю при короткому замиканні. Негорючі труби дозволяють суттєво знизити ризик поширення полум'я та мінімізувати пожежі на кабельних лініях.

При нормальному навантаженні кабельної лінії температура жили кабелю може досягати $\epsilon 90^{\circ}\text{C}$ і вище. Термостійкість труб для захисту кабелю один з найважливіших параметрів, що відображає здатність матеріалу труби зберігати

тривалу механічну стабільність (конструкційну міцність) під дією високої температури з обов'язковим збереженням усіх фізико-механічних властивостей протягом усього терміну служби кабелю.

Таблиця 4.1 – Характеристика ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувачів
Прокладання кабельних ліній напругою до 500кВ в полімерних трубах	1) Безтраншейна прокладка (горизонтально спрямоване буріння); 2) Відкрита траншейна прокладка, в тому числі прокладка без піщаного засипання у щебенистих та інших непідготовлених ґрунтах; 3) Прокладка мостами, шляхопроводами, естакадам, у тунелях та інших інженерних спорудах.	Покращення надійності(безперебійності) електропостачання
		Збільшення швидкості монтажу
		Підвищення пожежної безпеки
		Підвищення корозійної стійкості
		Підвищення теплопровідності
		Збільшення терміну експлуатації
		Покращення якості електроенергії
		Підвищення захисту від механічних ушкоджень

Полімерні труби зберігають термостійкість та механічну міцність при температурах до 110 °С протягом всього терміну експлуатації - понад 50 років.

Однією з причин перевантаження кабельних ліній є погіршення умов теплообміну з ґрунтом при укладанні кабелю в трубах. Особливо це помітно, коли труба заповнена повітрям, який має низький коефіцієнт теплопровідності. Істотний вплив на відведення тепла від кабелю надають розмір повітряної області усередині кабелю.

Висока теплопровідність стінки даних труб дозволяє ефективно відводити тепло від нагрітого кабелю в ґрунт і забезпечувати охолодження кабелю, що важливо на довгих ділянках кабельних ліній.

Точкове або розподілене навантаження, створюване камінням, осколками та іншими предметами, присутніми в ґрунті, у поєднанні з експлуатаційним тиском (навантаження дорожнього руху та ґрунту) впливають на трубу, що в результаті стає причиною виникнення ушкоджень. Присутні у ґрунті сторонні предмети та техногенний сміття можуть пошкодити кабель та вивести з ладу всю кабельну лінію.

Полімерні труби мають посилений захист від будь-яких механічних пошкоджень та підвищену стійкість до стирання поверхні.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

У цьому розділі пояснюється та аналізується технологія реалізації проєкту. Визначається порядок впровадження комплексного підходу.

Визначення технічної доцільності ідеї проєкту передбачає аналіз елементів, наведених у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічна доцільність ідеї проєкту

№	Ідея проєкту	Технологія її реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Розрахунок параметрів кабельної лінії	Mathcad	наявна	доступна
2	Визначення нормативно- технічної бази	Норми та стандарти проєктування кабельних ліній	наявні	доступні
3	Тепловий розрахунок кабельної лінії	Comsol Multiphysics	наявна	доступна
4	Розрахунок економічної доцільності	Microsoft Excel Project Expert	наявна	доступна

Для реалізації розрахунків параметрів кабельної лінії стартап-проєкту обрано програмне забезпечення Mathcad, який містить всі необхідні функції. На сьогоднішній день в Україні існують всі необхідні нормативно-технічної бази для проєктування кабельних ліній різної напруги. Для реалізації ідеї можна використовувати існуючі норми.

Для розроблення теплового розрахунку використано програмне забезпечення Comsol, яке допоможе реалізувати всі графічні побудови. Для реалізації розрахунків економічної доцільності стартап-проєкту обрано програмне забезпечення MS Office, а саме Microsoft Excel, а також Project Expert, які містять всі необхідні математичні, статистичні та графічні функції.

На сьогоднішній день прокладання кабельних ліній реалізується безліччю способів - від облаштування підземних каналів до фіксації контуру в спеціальних спорудах. Кожен варіант монтажу передбачає дотримання особливих нормативів і технічних регламентів.

Таким чином, основними конкурентами для моєї ідеї проєкту є прокладання кабельних ліній в залізобетонних лотках та трубах низького тиску. Порівняння

техніко-економічних характеристик ідеї з характеристиками конкурентів наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики проєктів

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Полімерні труби	Труби низького тиску	Залізобетонні лотки
1	Тривало допустима робоча температура, ° С	110	40	90
2	Термостійкість	висока	низька	висока
3	Швидкість монтажу	висока	висока	низька
4	Корозійна стійкість	висока	висока	середня
5	Гнучкість	висока	середня	відсутня
6	Зносостійкість	висока	середня	середня
7	Теплопровідність	висока	низька	середня

Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Визначення ринкових можливостей, які можуть бути використані при реалізації проєкту на ринку та ринкові загрози, які можуть перешкодити проєкту дозволяє спланувати розвиток проєкту з урахуванням ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій від конкуруючих проєктів.

Групи потенційних клієнтів та деякі вимоги до пропонованої послуги наведені в табл. 4.4.

Аналіз ринкового середовища: складання переліку факторів, що сприяють реалізації проєкту на ринку, та факторів, що перешкоджають, наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних цільових груп проєкту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінність у поведінці різних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Сучасні технології прокладання	Оператор системи передачі; Оператор системи розподілу; Абонентські мережі.	Нормативно-технічна база	Економічна доцільність використання
2	Технічні рішення	Проектна організація.	Нормативно-технічна база	Аналіз отриманих результатів розрахунку
3	Швидкість монтажу	Монтажна організація	Нормативно-технічна база	Підвищення безпеки монтажу та експлуатації

Таблиця 4.5 – Фактори сприянь та перешкод реалізації

№	Фактор	Зміст загрози/можливості	Можлива реакція компанії
1	Низький попит	Відсутність покупців через відносно високу вартість конструкції кабелю та слабку інформованість ринку щодо переваг продукції	Зниження ціни товару, рекламна компанія.
2	Економічна ситуація в країні	Відсутність коштів необхідних для реалізації цього проєкту	Зниження ціни
3	Конкурентоздатність	Присутність компанії-конкурента, яка виробляє продукцію високої якості	Використання вартості нижчої, ніж у конкурентів
4	Рівень надійності	Підтвердження переваг прокладання кабелів даним способом	Маркетингова компанія

Був зроблений SWOT-аналіз, що є ефектним інструментом бізнес-планування, який використовується в бізнесі для формування стратегій (табл.7.6). Складена матриця аналізу сильних і слабких сторін, загроз та можливостей.

Перелік ринкових загроз і ринкових можливостей базується на аналізі загроз і факторів маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозними результатами) факторів впливу і навпаки.

Таблиця 4.6 – Аналіз можливостей реалізації (SWOT-аналіз) стартап-проєкту

Сильні сторони	Слабкі сторони
- підвищення термічної стійкості; - більша надійність та безпека експлуатації; - підвищення теплопровідності; - можливість впровадження більш досконалих рішень; - підвищення техніко-економічних показників; - підвищена швидкість монтажних робіт.	- низька поінформованість потенційних клієнтів; - великі інвестиції; - низький рівень оновлення наявного обладнання.
Можливості	Загрози
- прагнення країни вдосконалити електромережі - підвищення попиту - оновлення використовуваного обладнання - введення RAB-тарифів для деяких ОСР	- складна економічна ситуація в країні; - загрози конкуренції; - фінансові ризики; - регулювання тарифів на розподіл з боку держави за алгоритмом «витрати+»

Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту

Під час розробки маркетингової програми стартап-проєкту вирішили питання створення ціннісної пропозиції, з точки зору її переваг і переваг для потенційного клієнта.

Формування маркетингової ідеї послуги, яку отримають споживачі, та результати попередніх результатів аналізу конкурентоспроможності наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Визначення ключових переваг стартап проєкту

№	Потреба	Вигода послуги	Переваги перед конкурентами
1	Доцільність використання полімерних труб	Персональний підхід та особистий розрахунок для кожного клієнта	Ретельне вивчення методу реалізації та його детальний аналіз
2	Аналіз методу прокладання	Визначення та всіх методів прокладання вибір найбільш підходящого	Високий рівень безпечної надійності та якості
3	Технічні рішення	Побудова раціональних технічних рішень відповідно до обраного методу	Прийняття рішень залежно заявлених вимог від
4	Якість розрахунків	Проведення якісного та чіткого теплового розрахунку кабельної лінії здійсненого компетентними особами	Аналіз всіх отриманих результатів роботи
5	Оцінка вартості проєкту	Розрахунок вартості щодо всіх наявних технологій	Використання іноземного досвіду, залучення іноземних експертів

Висновки

1) В ідеї даного стартап-проєкту запропоновано прокладання кабельних ліній напругою до 500 кВ в полімерних трубах з метою підвищення термічної стійкості, пожежної безпеки, надійності захисту від механічних ушкоджень, теплопровідності протягом усього строку служби кабельної лінії, безпеки та швидкості монтажних робіт.

2) У зв'язку з прагненням країни до переходу на новий рівень електропостачання і потреби підвищення надійності електропостачання існує можливість комерціалізації проєкту.

3) Аналіз ринкових можливостей запуску проєкту показав, що може існувати конкуренція, проте її вплив можна буде послабити завдяки стратегії

диференціації, тобто виявлення важливих відмітних властивостей, що робить надання послуги відмінним від можливої конкуренції.

4) Суттєвим плюсом впровадження проєкту є наявність в країні необхідного обладнання та програмних забезпечень для проведення необхідних досліджень та розрахунків.

5) При проєктуванні кабельних ліній на напругу до 500 кВ поданий стартап-проєкт буде привабливим як для інвесторів так і для проєктувальних організацій.

ВИСНОВОК

В даний час нормальна робота систем електропостачання промислових підприємств, транспорту, сільського, комунального і інших галузей господарства неможлива без надійної роботи силових кабельних ліній (КЛ) низького і середнього класів напруги.

Для забезпечення надійної роботи силових КЛ в даний час в Україні застосовується система планово-профілактичних випробувань, при якій кабелі періодично піддаються випробуванням постійною напругою досить високого рівня з виміром струмів витоку. Проте практика показує, що планово-профілактичні випробування підвищеною постійною напругою навіть в разі їх успішності не лише не гарантують безаварійну подальшу роботу КЛ але і у багатьох випадках приводять до скорочення терміну служби КЛ.

Особливо небезпечні такі випробування для КЛ з тривалими термінами експлуатації або з сильно застарілою ізоляцією.

Для діагностики і надійності кабельних ліній, для контролю вибирають найбільш значимі і прості у вимірі параметри:

- тангенс кута діелектричних втрат головної і міжфазної ізоляції
- контроль за симетрією ємностей і $\text{tg } \delta$ міжфазної ізоляції
- залежність $\text{tg } \delta$ від напруги
- зміна опору ізоляції залежно від прикладеної напруги
- постійна саморозрядження кабельної лінії

Своєчасна і достовірна діагностика стану ізоляції силових КЛ з використанням неруйнівних методів дозволить відмовитися від профілактичних випробувань ізоляції руйнівними методами, які у багатьох випадках травмують ізоляцію і призводять до зниження залишкового ресурсу ізоляції силових КЛ. Випробування ізоляції силових КЛ підвищеною напругою доцільно проводити при введенні нових КЛ в експлуатацію, після ремонту КЛ, а також за відсутності можливості використання засобів технічної діагностики силових КЛ неруйнівними методами.

Для якісного й безперебійного електропостачання споживачів має бути організоване швидке усунення пошкоджених кабельних ліній – пошук місць пошкодження та ремонт. Тому підприємства, що експлуатують кабельні лінії, мають бути укомплектованими сучасними спеціальними пересувними атестованими та акредитованими для виконання робіт лабораторіями з випробування, діагностики та пошуку місць пошкоджень кабельних ліній.

В даний час для визначення місця пошкодження силових кабельних ліній використовуються пересувні вимірювальні лабораторії з набором стаціонарно розміщеного устаткування і переносних приладів. Перелік устаткування і приладів, необхідних для визначення місця пошкодження силових кабелів. Використовують відносні та абсолютні методи пошуку місць пошкодження кабельних ліній, за допомогою яких безпосередньо можна визначити місце пошкодження.

Список використаної літератури

1. Приватне Акціонерне Товариство «Національна енергетична компанія «Укренерго» (НЕК «Укренерго»). План розвитку системи передачі на 2021-2030 роки, схвалений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг № 57 від 20.01.2021.
2. Приватне Акціонерне Товариство «Національна енергетична компанія «Укренерго» (НЕК «Укренерго»). Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році.
3. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг у 2020 році.
4. Кирик В. В. Електричні мережі та системи: підручник /В.В. Кирик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 324 с. ISBN 978-966-990-031-9
5. Кирик В. В. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи / В.В. Кирик, Б.В. Циганенко, О.С. Яндульський.-К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018.-228с. ISBN 978-966-622-910-9
6. Кідиба В. П. Релейний захист електроенергетичних систем. – Львів: НУ«ЛП», 2013. -533с.
7. Біткін С. Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ / Біткін С., Бовкун Я., Болдирєв О., -Київ: Міненерговугілля, 2011. –190с.
8. Дмитриев М. Кабельные линии, проложенные в полиэтиленовых трубах. Новости электротехники. 2013, № 4, (82), с. 2-6.
9. Distributed fiber optic sensing and dynamic rating of power cables by Anders, George J. Cherukupalli. IEEE Press, 2020, 243 pp.

10. TELE-FONIKA Kable. Каталог «Высоковольтный кабель в XLPE изоляции».
11. Севкабель. Каталог продукции «Кабели на напряжение 110/220 кВ».
12. Залізний гаррі. (2021). Київ. – Режим доступу:
<https://iron-harry.ua/tovar/2/2/154/>
13. DIMET.(2021). Київ. – Режим доступу:
<https://dimetm.ru/gruzopodemnoe-oborudovanie/barabany-kabelnye-pruzhinnye-serii-bk>
14. Группа компаний TCH (TSN Group). (2021). Київ. . – Режим доступу: <http://www.tsn-group.ru/rus/novosti/sevenfort10>
15. Олександр Бобко. Видавництво "Пори Року" (2021). Сезонні міграції птахів. Retrieved from
http://pernatidruzi.org.ua/karta_sezonnykh_mihratsiy_ptakhiv.html
16. Google Maps. (2021). Retrieved from
<https://geodzen.com/ua/kyiv/shukhevycha/28a>
17. Енерготехнології. (2021). Київ. Retrieved from
<http://www.energotec.com.ua/ru/pidstancziya-gpp-7-154-35-6-4/>

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

ПОКАЗНИКИ ЗВІТУ ПОДІБНОСТІ UNICHECK

Оригінальність _____ Схожість _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Вишневський С. Я.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис)

Кашук Я. А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____

Лесько В. О.

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

_____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній»

08-21.МКР.012.00.004 ТЗ

Науковий керівник: к.т.н.
_____ Лесько В. О.

Магістр групи ЕС-22мз
_____ Кашук І. Ю.

Вінниця 2024 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) Кабельні лінії - одна з найвідповідальніших ланок в системі надійного забезпечення споживачів електричною енергією. Вони виконуються за допомогою різних інженерних споруд (траншеї, тунелі, блоки та інші) з метою забезпечення архітектурних та технічних вимог, тому це і зумовлює їх особливість функціонування в умовах експлуатації. Крім цього, вони капіталоемніші, порівняно з повітряними лініями електропередачі, потребують високо кваліфікованого персоналу та складного і дорогого обладнання для технічного обслуговування і ремонтів.

б) наказ ректора ВНТУ №81 від 11.03.2024р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – даної роботи є дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3. Джерела розробки

Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання. Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів

4. Технічні вимоги до виконання МКР

Вказані в таблицях Б1-Б4

5. Економічні показники

Визначити основні техніко-економічні показники роботи мережі і на основі їх аналізу зробити висновок.

6. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	21.09.24	24.09.24	формування технічного завдання

2	Прогнозування електричних навантажень	24.09.24	29.09.24	аналітичний огляд літературних джерел, задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
3	Види та методи визначень місць пошкодження кабельних ліній	30.09.24	10.10.24	розділ 2 ПЗ
4	Засоби визначень місць пошкоджень	11.10.24	28.10.24	розділ 3 ПЗ
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	29.10.24	05.11.24	розділ 4 ПЗ
6	Економічна частина	06.11.24	12.11.24	розділ 5 ПЗ
7	Оформлення пояснювальної записки	13.11.24	21.11.24	розділ 6 ПЗ
8	Виконання графічної/ілюстративної частини та оформлення презентації	22.11.24	27.11.24	пояснювальна записка
9	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.24	01.12.24	Результат перевірки на плагіат, відгук керівника
10	Рецензування МКР	01.12.24	04.12.24	Відгук опонента
	Захист МКР	За графіком		

7. Очікувані результати

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи, була розрахована доцільність використання пристроїв регулювання напруги для підтримання робочого рівня напруги в максимальному, аварійному та режимі максимальних навантажень з моделюванням енергоефективних режимів роботи з дослідженням засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній з метою підвищення ефективності функціонування об'єднаної енергосистеми України.

8. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР (паперовий екземпляр), ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, відгук опонента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, протокол перевірки МКР на наявність текстових запозичень.

9. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником та завідувачем кафедри ЕСС згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

10. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021 р.

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

«Дослідження засобів та методів визначень місць пошкодження кабельних ліній»

Актуальність теми. Кабельні лінії - одна з найвідповідальніших ланок в системі надійного забезпечення споживачів електричною енергією. Вони виконуються за допомогою різних інженерних споруд (траншеї, тунелі, блоки та інші) з метою забезпечення архітектурних та технічних вимог, тому це і зумовлює їх особливість функціонування в умовах експлуатації. Крім цього, вони капіталоємніші, порівняно з повітряними лініями електропередачі, потребують високо кваліфікованого персоналу та складного і дорогого обладнання для технічного обслуговування і ремонтів.

Використання діагностування дозволяє проводити ремонтно- відновлювальні роботи кабельних ліній із урахуванням їх технічного стану, тобто в тих випадках, коли порушення будь-якого елементу конструктивного виконання лінії сягає значень, при яких подальша робота може призвести до відмови будь-якого елементу.

Об'єкт дослідження: Метод діагностування кабельної мережі.

Наукова новизна: Визначення методу діагностування кабельної лінії що дозволяє завчасно визначити проблему і її усунути.

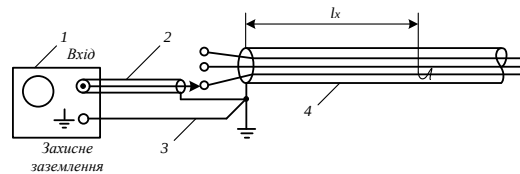
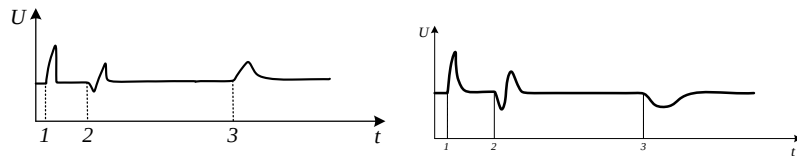


Схема підключення вимірника неоднорідності лінії до пошкодженого кабелю:
1 - вимірник неоднорідності лінії Р5-10, Р5-11; 2 - сполучний кабель; 3 - провід захисного заземлення; 4 - пошкоджений силовий кабель



Імпульсна характеристика кабельної лінії при:

а - виміри відстані до обриву чи повної довжини кабелю; б - виміри відстані до короткого замикання в кабелі; 1 - початок кабельної лінії; 2 - відображення імпульсу від муфти; 3 - відображення імпульсу від обриву чи повної довжини кабельної лінії

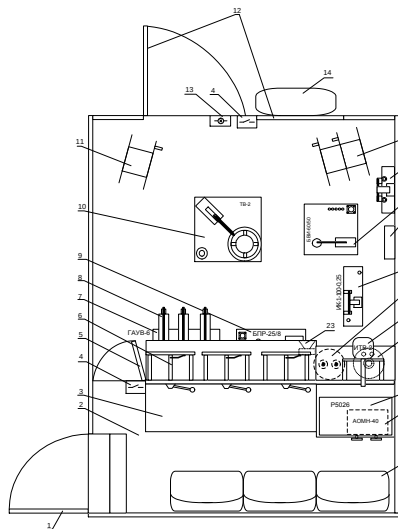


Схема розміщення устаткування лабораторії ЕТЛ-35К.

1-двері бічні; 2- відсік оператора; 3-стійка керування; 4- вимикач блокувальний; 5- двері високовольтного відсіку; 6- перемикач високовольтний вибору фази; 7-генератор акустики ГАУВ-6-04; 8- короткозамикач трифазний; 9- блок пропалювання БПР-25/8; 10- трансформатор вольтодобавочний ТВ-2 з короткозамикачем КЗМК-100; 11- блок барабанів 4,5,6; 12- двері задні; 13- світильник червоний; 14- запасне колесо; 15- блок барабанів 1,2,3; 16- короткозамикач КЗМК-10; 17- блок високовольтних досліджень БВИ-60/50-М2; 18- датчик напруги ДИН-1; 19- блок короткозамикача КЗМК-60; 20- трансформатор НОМ-10; 21- вимірник струму ИТВ-2-4; 22- конденсатор зразковий Р5023; 23- сирена; 24- міст високовольтний Р5026; 25- автотрансформатор регулюючий АОМН; 26- сидіння.

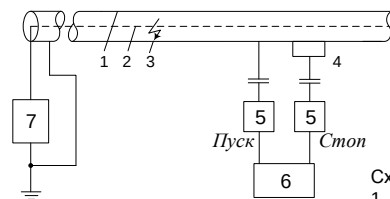
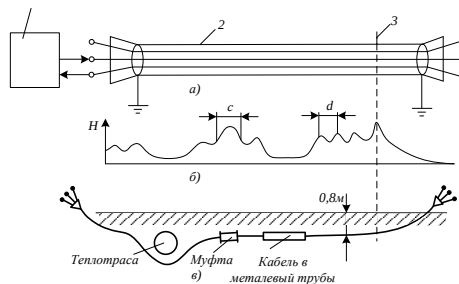


Схема виміру відстані, пройденого звуковою хвилею:
1- металева труба кабелю; 2- жила кабелю; 3 - місце пробую;
4 - акустичний датчик; 5 - блоки пуску й зупинка лічильника;
6 - лічильник; 7 - високовольтна випрямна установка



Визначення місця міжфазного пошкодження індукційним методом:
а - схема підключення генератора звукової частоти:

1 - генератор звукової частоти;
2 - пошкоджений кабель;
3 - місце міжфазного пошкодження кабелю;
б - крива зміни напруженості електромагнітного поля чи по трасі кабелю з міжфазним замиканням жил (залишковий опір у місці пошкодження десятки частки Ома); d - крок скрутки жил кабелю; з d на ділянці розташування муфти; в - траса прокладки пошкодженого кабелю.

Висновки

Для забезпечення надійної роботи силових КЛ в даний час в Україні застосовується система планово-профілактичних випробувань, при якій кабелі періодично піддаються випробуванням постійною напругою досить високого рівня з виміром струмів витоку. Проте практика показує, що планово-профілактичні випробування підвищеною постійною напругою навіть в разі їх успішності не лише не гарантують безаварійну подальшу роботу КЛ але і у багатьох випадках приводять до скорочення терміну служби КЛ.

Особливо небезпечні такі випробування для КЛ з тривалими термінами експлуатації або з сильно застарілою ізоляцією.

Для діагностики і надійності кабельних ліній, для контролю вибирають найбільш значимі і прості у вимірі параметри:

- тангенс кута діелектричних втрат головної і міжфазної ізоляції
- контроль за симетрією ємностей і $\tan \delta$ міжфазної ізоляції
- залежність $\tan \delta$ від напруги
- зміна опору ізоляції залежно від прикладеної напруги
- постійна саморозрядження кабельної лінії

Своєчасна і достовірна діагностика стану ізоляції силових КЛ з використанням неруйнівних методів дозволить відмовитися від профілактичних випробувань ізоляції руйнівними методами, які у багатьох випадках травмують ізоляцію і призводять до зниження залишкового ресурсу ізоляції силових КЛ. Випробування ізоляції силових КЛ підвищеною напругою доцільно проводити при введенні нових КЛ в експлуатацію, після ремонту КЛ, а також за відсутності можливості використання засобів технічної діагностики силових КЛ неруйнівними методами.