

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕННЯ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

Яцура Б. О., студент, Панєнко О. М., асистент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних систем та мереж

Вступ. Лінії електропередавання – досить часто пошкоджені елементи електроенергетичної системи. Вихід з роботи лінії завжди супроводжується або недовідпуском електроенергії, або зниженням надійності, собівартості і якості електропостачання. Відповідно одним з найважливіших завдань лінійних ремонтних служб підприємств електромереж є якнайшвидший пошук місця пошкодження з метою організації ремонтно-відновлювальних робіт.

Мета роботи. Порівняльний аналіз методів визначення місць пошкодження кабельних ліній електропередавання.

Матеріали і результати досліджень. Зазвичай кабельні лінії прокладають у місцях, де ускладнено будівництво повітряних ліній – містах, селищах, на території промислових підприємств. Їх застосування у мережах зовнішнього і внутрішнього електропостачання має ряд переваг, а саме: захист від атмосферних впливів (опади, вітер, гроза, ожеледь тощо) та більша надійність та безпека в експлуатації.

У багатьох випадках причинами аварійних ситуацій, пов'язаних з порушенням електропостачання, є пошкодження кабельних ліній. При пошуку пошкодження у кабельних лініях спочатку визначають зону пошкодження, а потім уточнюють місце пошкодження безпосередньо на трасі. Різноманітність видів і характеру пошкоджень, а також структури і умов роботи електричних мереж призвело до великої різноманітності методів визначення місць пошкодження (ВМП), які можна розділити на дві великі групи – дистанційні та топографічні, рис.1.

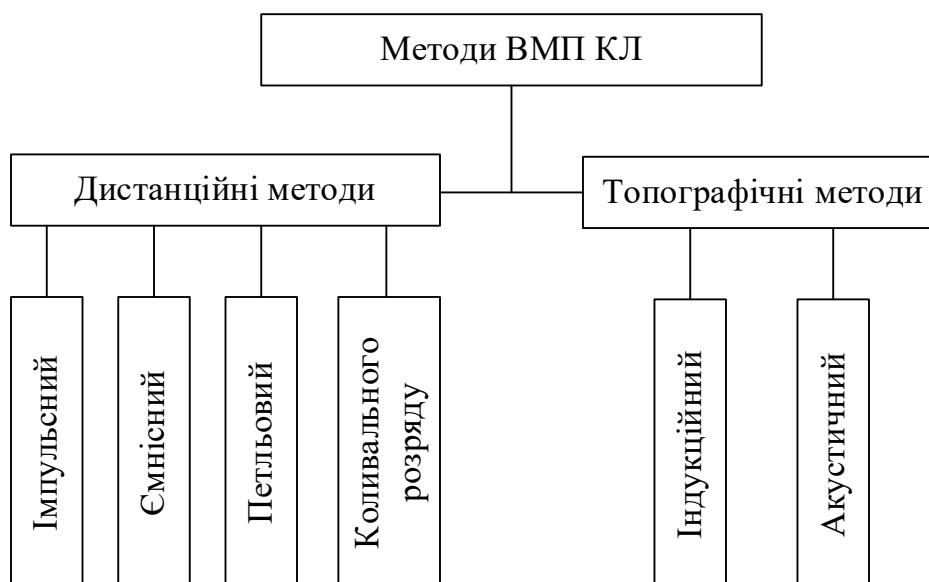


Рисунок 1 – Методи визначення місць пошкодження кабельних ліній

На практиці для визначення зони пошкодження лінії застосовують **дистанційні методи**: імпульсний, ємнісний, петльовий та метод коливального розряду. Для визначення точного місця пошкодження безпосередньо на трасі рекомендується застосовувати **топографічні методи**: індукційний та акустичний.

Для визначення різних замикань і обривів застосовують **імпульсний метод** ВМП, який заснований на вимірюванні часу між методом надсилання імпульсу електромагнітної хвилі на пошкоджену лінію і моментом повернення відбитого імпульсу від місця пошкодження до місця підключення вимірювального приладу. Виміри проводяться зазвичай приладом рефлектометром РЕЙС-105Р, або пристроєм ІКЛ (Ізолятор кільцевої лінії) [1].

Відстань від початку лінії до місця пошкодження (l_x) шукають за формулою:

$$l_x = \frac{t_x \cdot v}{2}, \quad (1)$$

де t_x – інтервал часу між моментом надсилання імпульсу і його поверненням, v – швидкість поширення імпульсів в кабельній лінії, яка дорівнює 160 м/мкс.

Даний метод реалізується шляхом посилення в кабельну лінію імпульсів і виміру часу зсуву t_x між посланими і відбитими імпульсами.

З поміж інших імпульсний метод відрізняється простотою та високою точністю, тому широко використовується.

Ємнісний метод застосовується для визначення відстані від кінця лінії до місця обриву однієї або декількох жил кабельної лінії шляхом вимірювання ємності кабелю. Метод заснований на вимірюванні ємності обірваної жили за допомогою моста змінного або постійного струму і генератора частотою 1 кГц. Однак, метод застосовують вкрай рідко, в зв'язку з невисоким рівнем точності.

На вимірюванні опорів за допомогою моста постійного струму заснований **петльовий метод**, який використовується у разі пошкодження ізоляції однієї або двох жил та може застосовуватись при наявності однієї непошкодженої жили. Для визначення місця пошкодження на одному кінці кабелю з'єднують непошкоджену жилу з пошкодженою, а на протилежному кінці до цих жил приєднують вимірювальний міст з гальванометром, який живиться від акумулятора типу БАС-60 або БАС-80.

Рівновага моста буде за умови [4]:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_x}{l + (l - l_x)}, \quad (2)$$

Так як опір жили прямопропорційний її довжині, то місце пошкодження визначають за формулою [4]:

$$l_x = \frac{2 \cdot l \cdot R_1}{R_1 + R_2}, \quad (3)$$

де R_1, R_2 – регульовані опори моста.

Однак, до недоліків цього методу слід віднести великі витрати часу на вимірювання, меншу точність вимірювання та необхідність установки закороток. Тому петльовий метод зараз витісняється імпульсним методом і методом коливального розряду.

Методом коливального розряду визначається пошкодження в тих випадках, коли не відбулося пропалювання ізоляції в місці пробою. Для вимірювання на пошкоджену жилу подається від випробувальної установки напруга, яка плавно піднімається до напруги пробою. У момент пробою в кабелі виникає розряд коливального характеру. Період коливань визначає відстань до точки пошкодження, так як електромагнітна хвиля поширюється у кабелі з постійною швидкістю [1]. Вимірювання виконується зазвичай рефлектометром РЕЙС-105Р. Вагомою перевагою методу є його працездатність у всіх випадках пошкоджень кабелів.

Акустичний метод є універсальним і одним з основних. За його допомогою визначають майже всі види пошкоджень. Суть методу полягає у створенні в місці пошкодження іскрового розряду і прослуховуванні на трасі викликаних цим розрядом звукових коливань, що виникають над місцем ушкодження.

Для створення іскрового розряду на жили кабелю подаються імпульси від випробувальної установки (можна використовувати високовольтний випрямляч з додатковим включенням в схему високовольтних конденсаторів і кулькового розрядника). Замість конденсаторів установки можна використовувати ємність неушкоджених жил кабелю. Імпульс, який надсилається через 1 – 3 с в кабель, супроводжується в місці пробою іскровим розрядом, звук якого добре прослуховується над поверхнею землі за допомогою акустичного приладу, оснащеного датчиком п'єзо, або за допомогою електромагнітної системи, яка перетворює механічні коливання ґрунту в електричні сигнали, що надходять на вхід підсилювача звукової частоти [2]. Глибина прослуховування коливається в межах від 1 до 5 м. Чутність звуку залежить від глибини залягання кабелю, щільності ґрунту, виду кабелю і потужності розрядного імпульсу.

Метод ефективний, якщо перехідний опір перевищує, або дорівнює 50 Ом. Проте, даний метод не використовується на відкрито прокладених кабелях, кабелях в каналах або тунелях, так як через добре поширення звуку по металевій оболонці кабелю можна допустити велику помилку при визначенні місця пошкодження.

Індукційний метод застосовують для безпосереднього пошуку на трасі кабелю місць пошкодження при пробі ізоляції жил між собою чи на землю, обриві з одночасним пробієм ізоляції між жилами або на землю, для визначення траси і глибини залягання кабелю, для визначення місця розташування з'єднувальних муфт. Під час вимірювання по двох замкнених між собою жилах кабелю проходить струм 10 – 20 А звукової частоти 800 – 1000 Гц від спеціального генератора, підключеного на підстанції до вже відключеної лінії. Пошукова бригада, рухаючись вздовж траси кабельної лінії, за допомогою спеціальних датчиків (індукційних рамок), підсилювачів і індикаторів, вловлює характер зміни магнітного і електричного полів. При

прослуховуванні, над кабелем чути звучання, найбільш сильне – над місцем пошкодження, а на відстані 0,5 – 1 м за місцем пошкодження припиняється [3].

Область використання акустичний та індукційний методи мають схожу, але варто відмітити, що акустичний метод є більш розповсюдженим, так як може бути використаний для виявлення пошкоджень при яких індукційний метод не працюватиме. Проте, індукційний метод має переваги при використанні в складних погодних умовах.

Таким чином, *дистанційні методи* ВМП, суть яких полягає у вимірі відстані до місця пошкодження від кінця або кінців лінії, з одного боку, задовольняють вимогу швидкості ВМП, але з іншого – мають обмежену точність.

Топографічні методи ВМП за допомогою яких визначають більш точне місце пошкодження на трасі лінії електропередачі, тобто топографічної точки розташування місця пошкодження мають високу точність, але вимагають великих затрат часу.

Аналізуючи розглянуті методи можна зауважити що загальними недоліками методів визначення місця пошкодження є:

- значний час пошуку пошкоджень (3-5 год);
- складність і велика вартість обладнання і методів визначення місць пошкодження;
- залежність результатів пошуку від досвіду і кваліфікації працівників.

Висновки. В результаті проведеного дослідження виявлено, що не існує універсального методу знаходження місць пошкодження кабельної лінії, що вирізняється перевагами у всіх випадках, тому для пошуку місць пошкодження кабельних ліній необхідно розробляти удосконалені методи визначення місць пошкоджень або комбінацію методів, що забезпечить вибір оптимальної стратегії при різних видах пошкоджень, умовах експлуатації та засобах контролю. Найбільш перспективними шляхами розвитку ВМП у кабельних лініях можна вважати удосконалення імпульсного методу та розробку засобів, які дозволяють уникати пропалювання ізоляції, що дає можливість проводити вимірювання навіть при складних ушкодженнях, і забезпечує зручність, простоту та швидкість вимірювань.

Перелік посилань

1. Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытаниям и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 64/110 кВ ЗАО «Южкabelь». – Х., 2006. – 78 с.
2. Е. А. Аржанников, А. М. Чухин. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линии. – 1998. – 74 с.
3. Г.М. Шалит. Определение мест повреждения в электрических сетях. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 303 с.
4. Способы определения мест поврежденных кабельных линий. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/910-sposoby-vyjavlenija-mest-povrezhdenij.html>