

## ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Паненко О.М., асистент, Тарнавський Я.В., студент  
НТУУ «КПІ», кафедра електричних мереж та систем

**Вступ.** Одним з головних завдань експлуатації кабельних ліній (КЛ) є визначення місця пошкодження (ВМП) в разі аварійних ситуацій. Незважаючи на різноманіття та значну різницю ознак видів пошкоджень послідовність дій при ВМП не дуже різниться. Метода складається з декількох послідовних операцій: визначення пошкодженого елемента, пропалювання ізоляції в місці пошкодження, дистанційне та (або) топографічне ВМП.

Перші два етапи можна умовно назвати підготовчими. Визначення пошкодженого елемента виконується в більшості випадків автоматично при спрацюванні селективного релейного захисту. Необхідність пропалювання витікає з того що в більшості випадків при пробі КЛ перехідний опір у місці пошкодження ізоляції становить десятки МОм і більше, а більшість методів ВМП застосовуються при перехідному опорі ( $R_{пер}$ ) не вище ніж 100 Ом, а інколи й навіть десятки та одиниці Ом. Задача пропалювання – зменшення перехідного опору до рівня достатнього для застосування певного методу ВМП.

Власне для ВМП використовують дистанційні і топографічні (трасові) методи, які дозволяють зафіксувати вид пошкодження і вказати відстань до нього.

**Мета роботи:** ознайомитися з характеристиками методів ВМП КЛ.

**Матеріали дослідження.** Поділ ВМП на дистанційні та трасові обумовлений відсутністю методів що визначають місце пошкодження швидко (не довше декількох годин) і водночас точно (декілька метрів). Дистанційні методи ВМП дозволяють швидко вказати не місце пошкодження а зону його знаходження. Для точного ВМП використовують повільні топографічні (трасові) методи за допомогою яких визначають МП з точністю не гірше 3м. Практика показує доцільність сумісного використання цих методів: спочатку визначають зону пошкодження, а далі трасовим методом знаходять точне місце [1].

**Дистанційне (відносне) ВМП** полягає в вимірюванні відстані до місця пошкодження від кінця КЛ. Але усі дистанційні ВМП мають обмежену точність. Фактори, що впливають на неточність визначення відстані до місця пошкодження КЛ - це відстань до характерних точок траси КЛ (поворотів, з'єднувальних муфт і т.д.). Ці точки вказуються в планах документації в горизонтальній площині, але в дійсності КЛ змінює своє положення і по вертикалі, що не вказується в документах. Кабель вкладається в траншеї без натягу, так званою змієюю. Степінь подовження за рахунок такої непрямолінійної викладки врахувати точно неможна. Наприклад для КЛ довжиною 3000 м абсолютна похибка складатиме  $\pm(30\div 60)$  м. Вимога точності ВМП може досягатися лише на дуже коротких лініях (до 100 м).

До найбільш вживаних дистанційних методів можна віднести імпульсний та коливального розряду, обмежене використання мають мостовий метод та ємнісний.

*Імпульсний метод (імпульсної рефлектометрії)* заснований на вимірюванні часу проходження електромагнітної хвилі  $t_x$  по лінії від місця вимірювання до місця пошкодження (відстань  $l_x$ ) і назад, тобто хвиля проходить відстань  $2l_x$ . При відомій швидкості поширення електромагнітної хвилі по кабелю  $V$ , вказаний час:

$t_x = \frac{2l_x}{V}$  звідки  $l_x = \frac{V}{2}t_x$ . Метод реалізується шляхом посилення в кабельну лінію імпульсів і виміру часу зсуву між посланими і відбитими імпульсами.

Основною перевагою імпульсного методу є те, що він дозволяє досить точно визначити не тільки відстань до місця пошкодження, але й уточнити вид пошкодження. Також одночасно можна визначити відстань до декількох пошкоджень у кабелі. При використанні методу оператор повинен добре знати візуальний портрет кабельної лінії, так як в місцях неоднорідності кабелю (наприклад, в з'єднувальних муфтах) виникають відбиті імпульси. Метод ефективний, якщо перехідний опір в місці пошкодження ізоляції жили  $R_{пер} < 200$  Ом, а також при обриві жил кабелю [2].

*Метод коливального розряду (хвильовий)* заснований на тому, що при пробі кабелю виникає хвильовий процес у вигляді коливального розряду, період  $T_x$  якого пов'язаний з відстанню до місця пробією  $l_x$

співвідношенням:  $T_x = \frac{4l_x}{V}$ . Середня швидкість поширення хвилі в кабелях з

паперово-масляною ізоляцією 3-35 кВ становить  $160 \cdot 10^3$  км/с = 160 м/мкс, що і дозволяє наближено визначати відстань  $l_x$  шляхом вимірювання  $T_x$ . Перевагою методу є його працездатність у всіх випадках пошкоджень кабелів. Метод може бути поєднаний з випробуванням кабелю випрямленою напругою [3].

*Мостовий метод* заснований на вимірюванні опору постійного струму на відрізках жил кабелю. Використовується в випадках коли жила пошкодженої ізоляції не має розриву, і в КЛ наявна хоча б одна непошкоджена жила. Визначення до місця пошкодження виконується на основі використання моста постійного струму. Чотири опори утворюють замкнутий чотирикутник; в одну діагональ підключають гальванометр, в іншу джерело живлення. Спочатку закорочують кінець КЛ і проводять підбір опорів на мосту до встановлення рівноваги, потім міняють місцями закоротку і міст і повторно проводять виміри. Маючи дані опорів можна визначити місце пошкодження КЛ. Недоліком даного методу є те що потрібна бути відома точна довжина КЛ, перерізи і матеріали жил. Також в центрах живлення важко поставити закоротки. Переваги мостового методу: можливість використання ВМП кабелю, які мають великий перехідний опір в місці пошкодження, незважаючи на довготривале пропалювання, і можливість ВМП КЛ, які мають складну картину неоднорідностей [1, 3].

*Ємнісний метод* використовується при обривах жил кабелю. Відстань до місця обриву визначається за значенням вимірної ємності жил ділянки КЛ. Виміри виконуються з використанням мостів змінного струму, зазвичай на частоті 1 кГц. В якості нуль-індикатора використовують телефон. Ємнісний метод по точності значно поступається імпульсному і повинен використовуватись лише при

відсутності імпульсних приладів. Основним недоліком ємнісного методу є залежність ємності кабелю від його ізоляції [1, 2].

**Топографічне (абсолютне) ВМП** – це визначення топографічної точки розташування місця пошкодження. Точність топографічних методів КЛ не нижче  $\pm 3$  м. Всі топографічні методи відносяться до низькочастотних. Найбільш розповсюдженим із них є індукційний метод який використовується на КЛ.

*Індукційний метод* заснований на тому, що вздовж траси лінії вимірюють характер зміни магнітного поля, створеного протіканням струму у лінії. Застосовується для точного визначення місця пошкодження безпосередньо на трасі КЛ. Метод застосовують, якщо  $R_{\text{пер}} < 20$  Ом, тобто для його використання необхідно пропалювання дефектної ізоляції. Суть методу полягає в пропусканні по кабелю струму частоти від 480 до 10000 Гц і фіксації характеру зміни електромагнітного поля над кабелем через антену приймального пристрою. Зі збільшенням частоти сигнал в антені зростає непропорційно, внаслідок екрануючого впливу броні і оболонки кабелю. За допомогою індукційного методу ми можемо визначити: місце пошкодження КЛ, місце розташування муфт на трасі, глибину залягання КЛ. Основними перевагами індукційного методу є висока точність (до 0,5 м). До недоліків належать: необхідність пропалювання ізоляції в місці пошкодження КЛ, труднощі у визначенні однофазного замикання жили на оболонку в кабелях, неможливість визначення обриву [1, 2].

*Акустичні методи* засновані на виявленні на трасі акустичних (механічних) коливань, що виникають на поверхні ґрунту або асфальтобетонного покриття при іскровому розряді в ізоляції КЛ. Оператор з акустичним датчиком і підсилювачем рухається в зоні  $\pm(15\div 40)$  м, виділений дистанційним методом, і визначає місце найбільшого рівня прийому по індикатору чи на слух за допомогою мобільного телефону. Іскровий розряд в місці пошкодження ізоляції утворюється за допомогою використання спеціальних пристроїв, які в свою чергу підключаються до кінця КЛ. До переваг акустичного методу слід віднести: можливість визначення місця пошкодження типу обрив або «запливаючий пробій», визначення місця пошкодження з перехідним опором більше 40 Ом без попереднього пропалювання. До недоліків методу належать: необхідність стійкого контакту акустичних датчиків з ґрунтом, складність застосування методу в пухких ґрунтах і під сніжним покривом, необхідність попереднього визначення траси кабельної лінії [1, 2].

#### Перелік посилань

1. Шалыт Г. М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312 с.
2. Хитров А.В. Монтаж, наладка і експлуатація електрообладнання. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 328 с.
3. Дементьев В.С., Спиридонов В.К., Шалыт Г.М. Определение места повреждения силовых кабельных линий. – Москва-Ленинград: Госэнергоиздат, 1962. – 74 с.