

Застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в кабельних мережах підприємств

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано застосування локаційного методу для визначення місць пошкоджень в кабельних мережах підприємства. Встановлені діагностичні ознаки неоднорідностей необхідні для розшифрування рефлектограм.

Ключові слова: розподільні мережі, локаційний метод, пошук пошкоджень, кабельні мережі

Abstract

It is proposed to use the location method to determine the places of damage in networks with a voltage of 6-35 kV. The established diagnostic signs of inhomogeneities are necessary for deciphering the reflectograms of networks with a voltage of 6-35 kV.

Keywords: distribution networks, location method, search for damage, cable networks

Вступ

Кабельні лінії електропостачання є важливою складовою електромереж промислових підприємств. Вони забезпечують живлення технологічного обладнання, автоматизованих систем керування та інших виробничих процесів. Кабельні лінії, в основному, пошкоджуються через порушення їх механічної міцності будівельними машинами й механізмами під час земляних робіт. Через цю причину в міських електромережах відбувається близько 60–70 % всіх пошкоджень кабельних ліній. Іншими причинами є старіння міжфазної і поясної ізоляції, інтенсивна корозія покриття, перевантаження кабелю, зволоження кабелю, порушення ізоляції гризунами [1]. Пошкодження в кабельних лініях призводять до зупинки виробничих процесів, пошкодження електротехнічного обладнання, значних економічних втрат та загрози життю та здоров'ю для обслуговуючого персоналу підприємства.

Процес пошуку пошкодження є складною задачею займати багато часу, що призведе до значної зупинки у роботі підприємства. Вчасне виявлення місця пошкодження є важливим завданням служби енергетиків підприємства. У сучасній практиці для діагностики стану кабельних ліній та локалізації пошкоджень застосовуються різні методи, серед яких найбільш ефективним є локаційні метод, зокрема імпульсна рефлектометрія.

Мета роботи – автоматизація процесу пошуку пошкоджень в кабельній мережі шляхом застосування локаційних методів для зменшення часу пошуку пошкодження.

Результати досліджень.

Контроль роботоздатності кабельної ЛЕП зводиться до своєчасного виявлення пошкоджень. Для визначення місця пошкодження в кабельних мережах використовуються такі основні методи [2, 3],

Таблиця 1.- Методи визначення місця пошкодження кабелю.

Методи	Принцип роботи	Переваги	Недоліки
Імпульсна рефлектометрія (Time-Domain Reflectometry, TDR)	Генерація електричного імпульсу, який рухається по кабелю і частково відбивається від місць неоднорідностей (пошкоджень, обривів, змін опору). Час затримки між випроміненим і відбитим сигналом дозволяє розрахувати відстань до пошкодження.	Висока точність ($\pm 0,2\%$ від довжини кабелю), можливість роботи без відключення напруги (для деяких моделей рефлектометрів).	Складність інтерпретації відбитих сигналів, потреба у досвідчених операторах.
Акустичний метод	пошкоджений кабель піддається імпульсному високовольтному впливу, що викликає іскровий розряд. Акустичні датчики реєструють шум розряду, дозволяючи визначити місце пошкодження.	Ефективний для підземних кабелів.	Низька точність (± 5 м), необхідність повного відключення кабелю.
Метод пошуку потенціалу (Murray loop, MRL)	Вимірювання розподілу напруги уздовж кабелю через вимірювальні електроди.	Ефективний для симетричних пошкоджень ізоляції.	Неефективний при пошкодженні однієї жили.
Метод струмів витоку	Визначення місця пошкодження шляхом аналізу величини струму витоку через пошкоджену ізоляцію.	Висока точність для часткових пробіїв.	Складність застосування на довгих кабельних лініях.

Аналіз літератури [7-8] показує, що найбільш ефективним методом для оперативного виявлення місць пошкоджень у кабельних мережах підприємств є імпульсна рефлектометрія, оскільки вона забезпечує високу точність та швидкість визначення місця пошкодження.

Будь-який вид пошкодження так само як і інші неоднорідності створюють на рефлектограмі додаткові відбиті імпульси. Кожна з неоднорідностей носить активний, індуктивний або ємнісний характер, тому важливо детально дослідити характер зміни форми відбитого імпульсу. З цією метою проводився аналіз попередніх досліджень [1-5] та нові дослідження.

Результати дослідження показали, при $R_n < Z_h$, де Z_h – хвильовий опір лінії при проходженні сигналом границі між більшим і меншим опором, відбитий імпульс змінює свою полярність на протилежну, при $R_n > Z_h$, тобто при проходженні сигналом границі між меншим і більшим опором, імпульс зберігає свою полярність. При цьому у лінії існує режим змішаних хвиль. При $R_n > Z_h$ відбиття в лінії відсутні, вся випромінювана потужність виділяється на опорі навантаження й у лінії створюється режим хвиль, що біжать. Дослідження показали, при $R_n \geq 0,5 Z_h$, в лінії встановлюється режим, близький до короткого замикання, а при $R_n \geq 5 Z_h$, виникає режим, близький до холостого ходу.

Для зменшення втрат електричної енергії необхідно узгодити опір навантаження із хвильовим опором лінії, тобто, необхідно зменшити відбитий сигнал. При діагностуванні повітряних ліній електропередачі локаційним методом, навпаки, чим більша амплітуда імпульсу, відбитого від неоднорідності досліджуваної лінії, тим легше він виділяється на фоні інших відбиттів. В разі накладання сигналу на неоднорідну лінію поряд з імпульсами, відбитими від кінців лінії та відгалужень, на рефлектограмі будуть присутні й імпульси, відбиті від неоднорідностей лінії.

Приєднання відгалуження до лінії може розглядатися не тільки як приєднання ємнісного навантаження, але і як приєднання відгалуження із хвильовим опором, що зменшує загальний хвильовий опір у місці приєднання. Тому варто очікувати, що імпульс, відбитий від місця приєднання відгалуження, буде завжди від'ємним.

У місці приєднання відгалуження результуючий хвильовий опір зменшується вдвічі (паралельне з'єднання однакових опорів лінії і відгалуження). Для місця розгалуження коефіцієнти відбиття і переломлення можна визначити, як [5]:

$$K_v = ((Z_h/2) - Z_h) / ((Z_h/2) + Z_h) = -(1/3) \quad (1)$$

$$K_p = 2(Z_h/2) / (Z_h/2 + Z_h) = 2/3 \quad (2)$$

Результати дослідження показали, що у місці відгалуження виникає від'ємний відбитий імпульс з амплітудою, рівною 1/3 падаючого, пройшовши далі, переломлений імпульс має позитивну полярність і становить приблизно 2/3 від падаючого. Отже, відгалуження вносять істотні зміни, а відбиті імпульси ускладнюють рефлектограму.

В реальних лініях електропередачі індуктивним навантаженням лінії є обмотка силових трансформаторів, тому проводилися дослідження впливу величини індуктивного навантаження на форму відбитого імпульсу. При різній величині індуктивності відбитий імпульс, крім додатної частини, має явно виражену від'ємну частину, як при короткому замиканні, але зі збільшенням індуктивності поступово стає додатним і вже при величині $L_n = 161,8$ мкГн відбивається, як при холостому ході. Збільшення тривалості зондувального імпульсу до 0,5 мкс приводить до того, що при величині $L_n > 161,8$ мкГн імпульс, відбитий від індуктивності, має ще від'ємну частину. Отже, завдяки значній за величиною індуктивності обмоток трансформаторів розподільних мереж, імпульс рефлектометра відбивається від них без зміни полярності, але з амплітудою трохи меншою, ніж у випадку холостого ходу на місці приєднання обмотки. Зі збільшенням потужності трансформатора й зменшенням індуктивності його обмотки, амплітуда відбитого імпульсу зменшується. При розпізнаванні рефлектограм місця приєднання обмоток трансформаторів можна вважати приблизно аналогічними розімкнутому кінцю лінії (режим холостого ходу).

Аналіз рефлектометрів показав, що для діагностики кабельних мереж підприємств доцільно використовувати імпульсний рефлектометр InterFlex 140 (висока точність визначення місця пошкодження, можливість роботи з різними типами кабелів, здатність розпізнавати різні типи пошкоджень, автономність та мобільність).

Згідно з дослідженнями [6], рефлектометр InterFlex 140 показав високу ефективність у локалізації пошкоджень навіть у складних мережах із численними відгалуженнями.

Висновки

Аналіз існуючих методів пошуку місць пошкодження кабельних ліній показав, що імпульсна рефлектометрія є найбільш ефективною для промислових підприємств завдяки високій точності, швидкості аналізу та можливості діагностики без відключення мережі.

За результатами досліджень встановлені діагностичні ознаки неоднорідностей необхідні для розшифрування рефлектограм. На основі цих ознак на рефлектограмах ідентифікуються імпульси, відбиті від наявних у лінії неоднорідностей: місця коротких замикань і обривів, місця приєднання відгалужень, кінці ліній і відгалужень, обмотки під'єднаних трансформаторів, і т.д.

На основі аналізу технічних характеристик та практичного досвіду обрано рефлектометр InterFlex 140 як оптимальний пристрій для кабельних мереж заводу. Його використання дозволить мінімізувати простой обладнання, знизити фінансові втрати підприємства та покращити надійність електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. М. Кутін, В. В. Луцяк Методи та засоби пошуку пошкоджень в розподільних мережах з повітряними лініями електропередачі напругою 6–35 кВ/ В. М. Кутін, В. В. Луцяк /Монографія – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 160 с.
 2. Кутін В. М. Інформаційно-вимірювальна система визначення місць пошкодження в розподільних мережах змінного струму напругою 6–35 кВ/ В. М. Кутін, В. В. Вашковський// Вісник Вінницького політехнічного інституту 2000. №5 С.24-31.
 3. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навчальний посібник / С.В. Казанський, Ю.П. Матєєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с
 4. Кутіна М. В. Застосування локаційних методів для визначення виду і місця ушкоджень в розподільних мережах напругою 6-10 кВ / М. В. Кутіна // V Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених і спеціалістів ; тези наукових доповідей. Кременчук, 2007. С. 189.
 5. Кутіна М. В. Метод виявлення обриву лінії в повітряних розподільних мережах напругою 6–35 кВ / М. В. Кутіна, М. О. Люхін // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Остроградського. 2009. № 4 (57), Ч.1. С. 166 – 167.
 6. Технічна документація на рефлектометр InterFlex 140. URL: <https://www.micom.ba/data/files/intereng-interflex-140p.pdf>
- Кутіна Марина Василівна** – канд. технічн. наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: mkytina@gmail.com.
- Барабаш Анна Олегівна** – студент групи ЕЕ-21б, кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет.
- Kutina Marina Vasylivna** – Candidate of Science, senior lecturer in Department of electrical power consumption and power management, e-mail: mkytina@gmail.com.
- Barabash Anna Olehivna** – student of group EE-21b, Department of Electrical Engineering Systems of Power Consumption and Energy Management, Vinnytsia National Technical University.