

УДК 621.315

В.В. Гаєвський

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Представив д-р техн. наук, професор В.І. Мойсеєнко

Вступ. Роботоспроможність пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки (ЗАТ) в більшості визначається якістю вимірювань. Результати вимірювань дозволяють виявити відхилення параметрів експлуатованої апаратури від встановлених норм і таким чином вжити заходів щодо нормального її функціонування. Якщо врахувати те, що пристрої ЗАТ працюють у складних умовах, при яких необхідно забезпечити безпеку руху поїздів, стає очевидним велике значення вимірювання параметрів розглядуваних пристроїв [1].

Постановка проблеми. При всіх вимірюваннях, призначених для визначення параметрів кабельних ліній, їх необхідно чітко поділяти на вимірювання, що використовуються для встановлення відповідних фактичних параметрів лінії нормальним значенням, та вимірювання, що використовуються для визначення в лініях місць пошкоджень (МП) і місць з підвищеною неоднорідністю. У нинішніх умовах експлуатації кабельних ліній існує необхідність поточного оцінювання їх стану.

Таким чином, доцільно провести аналіз і теоретичне узагальнення існуючих методів і технічних засобів визначення МП кабельних ліній та визначити можливість автоматизації цього процесу.

Основна частина. У силу різноманітних причин у кабельних лініях час від часу виникають пошкодження, які можуть викликати часткове або повне порушення дії пристроїв ЗАТ. Ці пошкодження можуть з'явитися раптово внаслідок стрибкоподібної зміни параметрів лінії або під впливом порівняно повільно діючих факторів, під впливом яких параметри ліній поступово змінюються. Суттєве значення при відшукуванні місць різко виражених аварійних пошкоджень мають профілактичні вимірювання, оскільки в багатьох випадках пошкодження, що виводить лінію з ладу, може бути попереджено шляхом періодичного обстеження лінії різноманітними вимірювальними та випробувальними приладами. Будь-яке пошкодження можливо розглядати як порушення однорідності лінії. Але з практичних міркувань види пошкоджень доцільніше класифікувати за найбільш характерними ознаками, що визначають категорію пошкодження, відносячи до порушень однорідності лише ті пошкодження, які не мають чітко вираженого характеру.

Найбільш поширеними видами пошкоджень є:

- пошкодження ізоляції між проводом і землею, жилою та оболонкою кабелю, оболонкою кабелю та землею та ін., а також між ізольованими кабельними оболонками;
- обрив проводу: «чистий», тобто пошкодження, при якому зберіглась непошкодженою ізоляція проводу (оболонки); проводу (оболонки) з одночасним пошкодженням ізоляції – односторонній та двосторонній;
- місцева продольна асиметрія, що виникає при погіршенні контакту в місцях спаявання та з інших причин, та поперечна

асиметрія, що викликається порушенням ємнісних, індуктивних і гальванічних зв'язків між лініями;

- місцеве пошкодження внаслідок місцевої неоднорідності, а також зниження перехідного загасання як безпосередньо між основними колами, так і через треті кола;

- комплексні пошкодження [2].

Згідно з матеріалами статистики пошкодження ізоляції складають приблизно 40-45 %, обрив жил та оболонок приблизно 15-18 %.

У зв'язку з різноманітністю об'єктів вимірювань і різноманітністю можливих порушень однорідності ліній для кожного з видів пошкодження не існує якогось одного найбільш раціонального вимірювального способу визначення МП. Цими обставинами пояснюється численність методів вимірювання, що застосовуються при відшукуванні пошкодження.

Методи вимірювання для відшукування МП поділяються на такі, що застосовують:

- вхідні опори частей шлейфу, складеного з пошкодженого та справного проводів лінії;

- порушення закономірності вимірювання вхідних опорів ліній залежно від характеру вимірювання частоти або струму; зв'язків з сусідніми лініями при виникненні пошкодження в розглядуваній лінії;

- спотворення зовнішнього магнітного поля, яке створюється вимірювальним струмом при виникненні в лініях деяких видів пошкоджень; зовнішнього електричного поля, яке створюється вимірювальною напругою при виникненні в лініях деяких видів пошкоджень;

- перерозподіл вимірювальної напруги між ділянками пошкодженої лінії та приєднаним ззовні відомим опором;

- явище віддзеркалення, яке виникає в лініях при появі в них пошкодження;

- сигнали, які виникають в МП внаслідок нелінійності або порушення електричної міцності, що утворилася;

- сигнали, що поступають від аварійних датчиків.

Вимірювання для визначення МП проводяться при постійних, змінних струмах, а також з використанням короткочасних зондуючих імпульсів [2].

Для знаходження МП ізоляції проводів відносно землі, як правило, використовують методи мосту зі змінним або постійним відношенням балансних плечей. Обидва методи засновані на знаходженні пошкодженої ізоляції в одному проводі лінії при іншому справному проводі та ідеальній ізоляції на неушкоджених ділянках обох проводів лінії, тобто за відсутності будь-якого взаємозв'язку між опором проводів та провідністю ізоляції, а також відсутності у вимірвальній схемі будь-яких паразитних напруг. Також вельми успішно та широко для виконання вимірювань використовуються радіолокаційні методи. Особливими перевагами цих методів є забезпечена можливість перегляду стану лінії на досить значних відстанях. При вимірюваннях за допомогою зондуючих імпульсів одночасно визначають два параметри – відстань до МП (місця порушення однорідності) та ступінь порушення однорідності. Це досить ефективно при визначенні в лінії поганих контактів, але не ефективно для визначення МП ізоляції [3].

Основними приладами для діагностування кабельних ліній є:

- мегометри, що служать для визначення опору ізоляції між жилами, жилами та землею. Подібні вимірювання дають загальну картину стану кабелю, але не вказують на конкретні точки пошкоджень;

- мультиметри, що служать для вимірювання параметрів ліній на постійному та змінному струмах;

- мости постійного та змінного струму – доповнюють мультиметри, дозволяючи більш точно оцінювати первинні параметри лінії;

- рефлектометри – дозволяють оцінити характерні точки ліній, включаючи неоднорідності, пошкодження та ін. [4].

Найчастіше при обслуговуванні металевих кабельних ліній використовують вимірвальні мости. Найбільш простим є метод Уїтстона. Для підключення вимірюваних кіл у ньому використовуються тільки дві клеми. Більш складні схеми реалізовані в трьох інших мостах – Муррея, Варлея і Купфмюллера – три клеми та Хілборна – Графа – чотири клеми.

Всі ці мостові схеми використовуються для вимірювання при постійному струмі (визначаються величини активних опорів, підключених до клем). Окрім того, мостові схеми Уїтстона та Муррея використовуються для вимірювань при змінному струмі (визначаються величини ємностей, підключених до клем). За допомогою мосту Уїтстона при постійному струмі вимірюють опір ізоляції шлейфу (витої пари), опір ізоляції жил пари, опір ізоляції між жилами та екраном [5].

На практиці при вимірюваннях на постійному струмі частіше перевага віддається мосту Муррея, оскільки ця схема забезпечує можливість вимірювання різниці опорів у двох плечах (вимірювання асиметрії при постійному та змінному струмі). Ця ж властивість використовується при локалізації зниженого опору ізоляції, місця зі зниженим опором ізоляції між жилами однієї пари та замикання однієї з жил. У всіх вимірвальних схемах при постійному струмі задіюється додатковий провідник. Вимірвальна схема мосту Хілборна – Графа оснований на використанні двох додаткових провідників. Як і міст Муррея, вищевказаний міст придатний для локалізації зниженого опору ізоляції однієї або двох жил [6]. За допомогою мосту

Хілборна – Графа також можливо локалізувати несправності в кабелі, де всі жили замкнуті або мають знижений опір ізоляції. Але додаткова пара проводників є не завжди. Другого кабелю, що йде паралельно, може просто не бути, а при великих відстанях протягувати зовнішні провідники не доцільно. Дану проблему вирішує схема мосту Купфмюллера: за її допомогою можливо не використовувати додаткові провідники за рахунок виконання двох вимірювань на розімкнутій та замкнутій парі з наступним обчисленням результату [7].

Для пошуку МП ізоляції кабельних ліній також широко використовуються методи, при яких вимірюється електричний опір жили від МП до одного з кінців кабелю. Так, кафедрою «Автоматика і телемеханіка» УкрДАЗТу був запропонований вдосконалений варіант мостового методу вимірювання – метод «вольтметра-амперметра», який є одним з найбільш повноцінних [8]. Метод можна

використовувати на симетричних і несиметричних лініях з перехідною провідністю в МП, яка відповідає сумарній розподіленій провідності всього провідника, що значно розширює коло застосування методу. У схемі вимірювання відсутні органи регулювання, що спрощує процес вимірювання та полегшує його автоматизацію на базі ЕОМ.

Висновки. Таким чином, підвищення вимог експлуатаційної надійності систем ЗАТ має актуальне завдання розроблення більш ефективних засобів і пристроїв визначення МП у кабелі, які б базувалися на прогнозуванні стану пристроїв і плануванні робіт з утримання кабелів. Це стає можливим на основі використання математичних моделей, що характеризують взаємопов'язані процеси вимірювання параметрів системи з електричними та механічними характеристиками її елементів, з подальшою обробкою даних за спеціально розробленими програмами.

Список літератури

1. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / под ред. И.Е. Дмитренко. – М.: Транспорт, 1994. – 256 с.
2. Соловьев, Н.Н. Измерительная техника в проводной связи. Часть IV [Текст]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Связь, 1974. – 220 с.
3. Иванцов, И. Локализация дефектов в кабеле посредством рефлектометров [Электронный ресурс] / И.Иванцов. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/11/036.htm>.
4. Иванцов, И. Диагностика кабельных линий. [Электронный ресурс] / И. Иванцов. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/04/030.htm>.
5. Иванцов, И. Измерительные мосты. [Электронный ресурс] / И. Иванцов. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/05/036.htm>.
6. Иванцов, И. Измерительные мосты. [Электронный ресурс] / И. Иванцов. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/06/038.htm>.
7. Иванцов, И. Измерительные мосты. [Электронный ресурс] / И. Иванцов. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/08/032.htm>
8. Жох, В.П. Метод «вольтметра-амперметра» для определения места повреждения изоляции линии связи // Электросвязь. – 1989. – №3. – С. 21–23.

Ключові слова: кабельні лінії, вимірювання параметрів кабельних ліній, методи та прилади для діагностики кабельних ліній.

Анотації

У статті проаналізовано і теоретично узагальнено існуючі методи і технічні засоби визначення пошкоджень кабельних ліній. Розглянуто основні види пошкоджень і основні обставини, які обумовлюють обмежену точність вимірювань. Зроблено висновок про необхідність розроблення ефективніших засобів і пристроїв для визначення місця пошкодження в кабелях, які б базувалися на методах прогнозування стану пристроїв і на їх основі планування роботи за утриманням кабелів.

В статье проанализированы и теоретически обобщены существующие методы и технические средства определения повреждений кабельных линий. Рассмотрены основные виды повреждения и основные обстоятельства, которые обуславливают ограниченную точность измерений. Сделан вывод о необходимости разработки более эффективных средств и устройств для определения места повреждения в кабелях, которые бы базировались на методах прогнозирования состояния устройств и на их основе планирования работы по содержанию кабелей.

In article existance methods and means of definition of damages of cable lines are analysed and theoretically generalized. Main types of damage and the main circumstances which cause limited accuracy of measurements are considered. The conclusion is drawn on need of development of more effective remedies and devices for definition of a place of damage to cables which would be based on methods of forecasting of a condition of devices and on their basis of scheduling according to the maintenance of cables.