

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

DOI 10.31891/2307-5732-2020-291-6-146-150

УДК 621.317.73

А.С. КАШТАЛЬЯН, Д.А. МАКАРИШКІН, В. Г. РУБЦОВ, А.О. РУБЦОВА

Хмельницький національний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ
МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ**

В статті наведено дослідження методів пошуку автоматизованих систем моніторингу та контролю пошкоджень кабельних ліній. Представлені результати дослідження, встановлюють, що методи пошуку автоматизованих систем моніторингу та контролю пошкоджень кабельних ліній характеризуються низькою точністю визначення дальностей до декількох пошкоджень у низькочастотних провідних лініях передачі, тому існуючі методи не мають можливості дозволити ефективно вирішувати задачу пошуку та ідентифікації пошкоджень кабельних низькочастотних ліній зв'язку.

Ключові слова: автоматизована система моніторингу та контролю, методи пошуку, методи вимірювання, пошкодження, кабельні лінії.

A. KASHTALIAN, D. MAKARYSHKIN, V. RUBTSOV, A. RUBTSOVA

Khmelnitskyi National University

**RESEARCH OF METHODS OF SEARCH FOR AUTOMATED SYSTEMS OF MONITORING AND DAMAGE
CONTROL OF CABLE LINES**

The paper presents a study of methods for finding automated systems for monitoring and controlling damage to cable lines. The presented results of the research establish that the methods of searching for automated systems for monitoring and controlling damage to cable lines are characterized by low accuracy in determining the distances of several interferences in low-frequency transmission lines, so the existing methods cannot be improved. language. The study of voltage measurement methods showed that all methods can be divided into analog and digital methods, and digital methods can provide the greatest accuracy and speed.

As a result of the study of known methods of measuring the distances of automated systems for monitoring and controlling damage to cable lines, it was found that known methods do not allow to effectively solve the problem of finding and identifying damage to low-frequency cable lines.

Studies of voltage measurement methods have shown that all methods can be divided into analog and digital methods, and digital methods can provide the highest accuracy and speed. Analog methods correspond to those measurement methods that are applied to all continuous values of input constant and variable signals. The digital method is suitable for discrete signal values. All analog and digital methods are divided into methods for measuring constant values and methods for measuring variable signals.

Key words: automated monitoring and control system, search methods, measurement methods, damage, cable lines.

Вступ

Актуальність виміру характеристик ліній зв'язку зумовлена необхідністю швидко визначити параметри провідних кабельних ліній та визначити відстань пошкодження з найменшою похибкою, ніж передбачають сучасні методи для цих ліній низької частоти.

Немає сумнівів, що необхідні дослідження для автоматизованого контролю параметрів лінії, щоб мати можливість контролювати стан провідної лінії та швидко і точно визначити відстань до пошкодження у разі пошкодження провідної лінії [1, 2], тому актуальною проблемою є вивчення відомих методів визначення відстані пошкодження у кабельних ліній автоматизованими системами їх контролю, електропередачі визначення функцій цих методів для автоматизованих систем моніторингу та контролю пошкоджень кабельних ліній.

На провідній лінії зв'язку припадає значна частина існуючої системи передачі інформації, що обумовлено зручністю, високою ефективністю та постійним імпедансом провідної лінії в процесі підключення. Постійне збільшення потоку інформації свідчить про важливість контролю за дотриманням параметрів провідної лінії зв'язку та заданих параметрів, що визначає якість передачі інформації від пристрою, що передає, до приймача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Відповідно до призначення кожен тип провідної лінії зв'язку має різні вимоги, які можна розділити на такі [3]: функціонування, експлуатація, а також технологія та економія.

Кабель передачі даних особливо важливий для системи передачі даних. За відсутності спеціального методу захисту цілісності інформації втрати передачі даних кожного символу телефонної провідної лінії становлять 10^{-3} - 10^{-5} біт, тоді як втрати передачі даних кожного символу багатьох каналів зв'язку становлять 5×10^{-2} особи. Для більшості сучасних ліній зв'язку частота помилок не повинна перевищувати 10^{-5} - 10^{-9} біт [4]. Це вимагає використання контролю якості та швидких методів виявлення несправностей.

Слід також пам'ятати, що розташування провідної лінії зв'язку необхідно визначити відповідно до найменш ускладнених умов, умов експлуатації, кліматичних умов та вимог в процесі будівництва, щоб мінімізувати витрати на захист кабелів від різних видів впливів та механічних впливів [5]. Тому найчастіше

провідні лінії зв'язку, тобто кабельні лінії, розташовані у важкодоступних місцях, таких як під землею, що обмежує використання методів усунення несправностей при контакті та значно збільшує потребу у виконанні операцій з пошуку та заміни пошкоджених ділянок час.

Під впливом різних зовнішніх і внутрішніх факторів внутрішня структура виробничої провідної лінії змінюється, тобто пошкодилися. Для кожного відомого типу трубопроводу різні типи пошкоджень, які можуть виникнути в трубопроводі під час його експлуатації, є більш-менш ефективними. Основними видами похибок та втрат, що сталися, є [1]:

- замикання між жилами або між жилою та екраном та обриви (так звані "кінцеві" пошкодження);
- зміна фізичних параметрів лінії, таких як поздовжній опір, зміна ємності або опору між жилами ("часткові" пошкодження).

Виклад основного матеріалу дослідження

Існуючі методи керування та виміру високочастотних ліній зв'язку мають можливість дозволити забезпечити досить хороші характеристики для контролю вимірюваних значень. Низькочастотна лінія в основному представлена коаксіальною лінією телефонної провідної лінії. Як і високочастотні лінії, ці провідні лінії також повинні контролюватися.

Для вирішення проблеми виміру відстані пошкодження існує велика кількість приладів, заснованих на використанні одного з вищезазначених методів (як правило, імпульсного). Далекоміри, засновані на вимірюванні фазового зсуву, ще не знайшли широкого практичного застосування. Пристрої, які засновані на виявленні імпульсних ліній, набули все більшого поширення [6, 7]. Тільки за допомогою наступних технічних засобів для поліпшення його характеристик: підвищення чутливості, збільшення потужності виявленого імпульсного електричного сигналу, використання спеціальної форми електричного сигналу, виконання математичної обробки, використання інформації статистичної обробки (фільтрації, апроксимації, відновлення), оцінка параметрів електричного сигналу (таких як амплітуда, електричний сигнал затримки). Загальні параметри обладнання наведені в таблиці.

Далекоміри, засновані на вимірюванні фазового зсуву, не дуже поширено використовуються, ці пристрої надають свої параметри лише за таких умов:

- низьке затухання у високочастотному діапазоні;
- точним визначенням інтервал часу між сформованим сигналом та відгуком, отриманим від лінії.
- у міру підсилення затухання електричного сигналу стає важче проводити вимір на великі відстані.

Використання імпульсного обладнання в лініях передачі низької частоти обмежується такими факторами:

- у порівнянні з радіочастотною лінією, для зменшення тривалості електричного сигналу необхідно більше послаблення сигналу;
- у деяких випадках обмежена смуга пропускання провідної лінії може значно скоротити відстань для проведення вимірювання.

Відповідно до цього, можна констатувати, що на сьогодні проблема виміру дальностей у низькочастотних лініях передачі залишається актуальною.

Як зазначалося вище, проблема визначення відстані до об'єкта відома давно [8, 9]. Визначивши відстань до об'єктів, що використовуються при радіолокаційних та геодезичних зйомках, можна досягти найбільшого практичного розвитку в цьому напрямку.

На передньому плані є велике обмеження - всі об'єкти знаходяться в одновимірному просторі. Тому неможливо безпосередньо застосувати більшість з цих методів до ліній зв'язку.

В даний час відомі методи визначення пошкоджень на лініях передачі [10, 11] засновані на вимірюванні різних фізичних параметрів провідної лінії або вимірювального електричного сигналу (часу відображення або електричного сигналу виявлення та електричного сигналу відображення, зміщення фаз).

За часом виміру, методи виміру відстані можна розділити на дві групи:

- виміру динамічних параметрів (виміру величин, що змінюються з часом);
- виміру статичних параметрів (виміру величин, значення яких є постійними протягом усього часу вимірювання).

Слід зазначити, що якщо межа зміни вимірюваного значення менше чутливості вимірювального пристрою, виміряне значення можна вважати постійним протягом часу вимірювання. Розглянемо переваги та недоліки кількох основних методів визначення відстані пошкодження.

Метод виміру опору жил є найпростішим методом визначення пошкодження у лінії. Він має підґрунтя на вимірюванні опорів двох жил провідної лінії за допомогою мостової схеми [11].

Опір відрізків L_x та L_y пропорційна довжині відповідних жил, то з умов рівноваги моста отримаємо рівняння:

$$L_x = 2L \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

де R_1 , R_2 – опір резисторів моста; L – довжина лінії.

З вище вказаного можна визначити наступні переваги методу:

- для виміру використовується мостова схема;
- використання постійного струму у вимірвальній системі дозволяє значно зменшити вимоги до технічної реалізації вузлів приладів.

Визначення статичних параметрів у процесі виміру призводить до таких істотних недоліків:

- немає можливості визначити характер пошкодження (метод дозволяє визначити лише коротке замикання сердечника на корпус або на інший сердечник через деякий опір);
- неможливість розрізнити кількість пошкоджень;
- потреба вживати для виміру двох приладів та доступу до двох сторін лінії.

Відомо, що характеристики та властивості об'єктів відображаються у характеристиках процесів, які відбуваються у об'єкті протягом деякого часу як реакція на зовнішній вплив [10]. Одним з таких впливів на досліджуваний об'єкт, є вплив електромагнітною хвилею, і як результат хвиля, яка створена досліджуваним об'єктом несе інформацію про його внутрішню структуру.

Суть методу імпульсної рефлектометрії полягає у визначенні часу між зондуємим імпульсом та імпульсами, які утворюються при відбитті від пошкоджень, які розташовані у провідній лінії [10]. Далі визначаються параметри, які змінюються під час виміру, а саме час появи сигналу відбиття та його амплітуда у кожний момент часу.

Характер рефлектограми залежить від еквівалентних складових провідної лінії (ємності C та індуктивності L).

Час проходження електричного сигналу t в провідній лінії визначає дальність до кожного пошкодження l . Дальність можна знайти як:

$$l = \frac{v \cdot t}{2},$$

де v – швидкість поширення електричного сигналу в лінії;

t – час появи відбитого сигналу. Основні параметри, що можна визначити, це:

- час появи відбитого імпульсу відносно початку подачі імпульсу в лінії (час визначає дальність від початку провідної лінії до пошкодження, яка створила це відбиття);
- амплітуда імпульсу (відносно значення);
- тип пошкодження, що можна визначити за формою електричного сигналу

Переваги цього методу полягають у:

- визначенні практично необмеженої кількості пошкоджень у провідній лінії через динамічне визначення зміни параметрів прийнятого електричного сигналу (рефлексу) з провідної лінії у часі;
- вимірі лише з однієї сторони лінії.

У такому процесі явище дисперсії призводить до збільшення часів зростання та падінню попереднього фронту, тоді як амплітуда самого електричного сигналу одночасно зменшується. Оскільки вплив дисперсії пропорційний відстані, яку проходить сигнал, і частоті самого електричного сигналу, обмежити максимальну частоту виявленого сигналу. Тому, щоб отримати точні результати, потрібно:

- формувати сигнали тривалістю у сотні або десятки;
- забезпечити максимально короткі фронти імпульсів;
- знаходити часовий проміжок між сформованим сигналом та отриманим відгуком з кабельної лінії;
- збільшення чутливості вимірвача внаслідок збільшення затухання у кабельній лінії при збільшенні і частоти електричного сигналу.

Для точного вимірювання відстаней в кабельних лініях потрібно вимірювати діючі значення напруги зондувального сигналу, тому розглянемо деякі методи вимірювання.

Всі методи вимірювання напруги можна розділити на аналогові та цифрові. Аналогові методи відповідають тим методам вимірювання, які застосовані до всіх безперервних значень вхідних постійних та змінних сигналів. Цифровий метод підходить для дискретних значень сигналу. Всі аналогові та цифрові методи поділяються на методи вимірювання постійних значень та методи вимірювання змінних сигналів. Характеристиками вимірального змінного сигналу, є деякі характерні параметри: значення амплітуди напруги, випрямлене ефективно значення або ефективно значення. Унікальність цифрового методу вимірювання напруги змінного струму полягає в тому, що для вимірювання інваріантність сигналу повинна забезпечуватися протягом певного часу вимірювання. Аналоговий метод поділяється на електромеханічний та електронний метод. Електронний метод використовує електромеханічне обладнання для безпосереднього вимірювання напруги сигналів змінного струму та постійних сигналів. Електронний метод використовує електронні схеми для попереднього перетворення сигналу змінного струму в постійний сигнал, а потім використовує електромеханічне обладнання для вимірювання постійне напруги. Цифрові методи вимірювання постійної напруги поділяються на паралельне, послідовне, послідовне наближення та подвійне інтегрування. Для вимірювання параметрів сигналу змінного струму цифровим методом використовується електронна схема, аналогічна тій, що використовується в аналоговому методі

вимірювання напруги змінного струму, для попереднього перетворення сигналу в сигнал постійного струму, а потім вимірюється напруга постійного струму цифровим методом.

Наведену узагальнену класифікацію методів вимірювання напруги представлено на рисунку 1.

З вищезазначених досліджень методу вимірювання напруги можна зробити висновок, що завдяки використанню електромеханічних вимірювальних приладів точність методу моделювання є низькою, а час вимірювання довшим. Тому недоцільним є подальше вдосконалення методу моделювання.

З точки зору розвитку цифрові методи є більш перспективними. Однак обмеження пов'язано з тим, що цифровий метод використовується для вимірювання параметрів змінного сигналу, тобто схема випрямлення використовується для перетворення параметрів, в константу заздалегідь, що спричинене неправильним відтворенням математичної моделі.

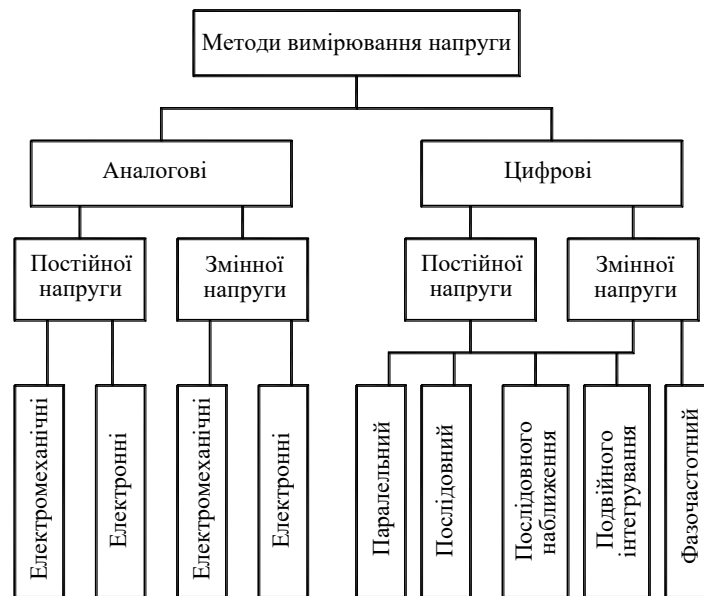


Рис. 1. Узагальнена класифікація методів вимірювання напруги

Тому необхідно детально розглянути гармонічний сигнал, щоб встановити функцію вимірювання середньквадратичного значення, щоб розробити нову математичну модель вимірювання, яка не використовує електронну схему випрямляча, а перетворює сигнал у форму, що дозволяє отримати більше інформації.

Розглядаючи гармонічний сигнал як вектор, який обертається із заданою кутовою швидкістю, можна побачити, що більше інформації можна отримати, перетворивши значення прикладеної напруги у фазовий зсув. Тому пропонуються подальші дослідження в напрямку пошуку методу перетворення значення напруги гармонічного сигналу у фазовий зсув.

Висновки

В результаті проведеного дослідження відомих методів виміру дальностей автоматизованих систем моніторингу та контролю пошкоджень кабельних ліній, встановлено, що відомі методи не мають можливість дозволити ефективно розв'язати задачу пошуку та ідентифікації пошкоджень кабельних низькочастотних ліній зв'язку.

Відомі методи пошуку автоматизованих систем моніторингу та контролю пошкоджень кабельних ліній характеризуються низькою точністю визначення дальностей до декількох пошкоджень у низькочастотних кабельних ліній передачі.

Дослідження методів вимірювання напруги довели, що всі методи можна розділити на аналогові та цифрові методи, а цифрові методи можуть забезпечити найбільшу точність і швидкість.

Література

1. Chuck Lane, A 10-bit 60 Msps Flash ADC, Proceedings of the 1989 Bipolar Circuits and Technology Meeting. IEEE Catalog No. 89CH2771-4, September 1989, pp. 44-47.
2. Waldhauer F.D., Analog to Digital Converter, U.S. Patent 3-187-325, 1965.
3. Винокуров В.И. Электрорадиоизмерения : учеб. пособие для радиотехнических вузов / Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. ; под ред. В.И. Винокурова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : «Высш. шк.», 1986. – 351 с.
4. Гойжевский В.А. Исследование линейных четырёхполюсников с помощью дискретного множества частот / В.А. Гойжевский, В.Я. Дворский, В.Г. Трилис, О.Б. Шарпан // Радиотехнические измерения в физических исследованиях. – М. : Наука, 1977. – С. 57–60.

5. Дворский В.Я. Цифровая индикация в системе измерения времени распространения сигналов / В.Я. Дворский, В.Г. Трилис // Радиотехнические измерения в физических исследованиях. – М. : Наука, 1977. – С. 60–63.
6. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) / Орнатский П.П. – К. : Выща школа, 1986. – 504 с.
7. Измерения в электронике: Справочник / [В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др. ; под ред. В.А. Кузнецова]. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 512 с. : ил.
8. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения : учебное пособие для вузов / Кукуш В.Д. – М. : Радио и связь, 1985. – С. 386.
9. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / [Е.С. Полішук, М.М. Дорожовець, В.О. Яшук, В.М. Ванько, Г.Т. Бойко ; за ред. Е.С.]. – Львів : Вид-во “Бескид Біт”, 2003. – С. 544.
10. Шведский Б.И. Электронные цифровые приборы / Шведский Б.И. – 2-е. изд., перераб. и допол. – 1991. – С. 191.
11. Троянов Г.Ю. Огляд методів вимірювання амплітуди змінної напруги синусоїдальної форми / Г.Ю. Троянов, І.В. Троцишин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : матеріали VI наук.-техн. конф. – Хмельницький : ТУП, 1999. – С. 91.

References

1. Chuck Lane, A 10-bit 60 MspS Flash ADC, Proceedings of the 1989 Bipolar Circuits and Technology Meeting, IEEE Catalog No. 89CH2771-4, September 1989, pp. 44-47.
2. Waldhauer F.D., Analog to Digital Converter, U.S. Patent 3-187-325, 1965.
3. Vinokurov V.I. Elektroradioizmereniya : ucheb. posobie dlya radiotekhnicheskikh vuzov / Vinokurov V.I., Kaplin S.I., Petelin I.G. ; pod red. V.I. Vinokurova. – 2-e izd. pererab. i dop. – M. : «Vyssh. shk.», 1986. – 351 s.
4. Gojzhevskij V.A. Issledovanie linejnih chetiryohpolyusnikov s pomoshyu diskretnogo mnozhestva chastot / V.A. Gojzhevskij, V.Ya. Dvorskij, V.G. Trilis, O.B. Sharpan // Radiotekhnicheskie izmereniya v fizicheskikh issledovaniyah. – M. : Nauka, 1977. – S. 57–60.
5. Dvorskij V.Ya. Cifrovaya indikaciya v sisteme izmereniya vremeni rasprostraneniya signalov / V.Ya. Dvorskij, V.G. Trilis // Radiotekhnicheskie izmereniya v fizicheskikh issledovaniyah. – M. : Nauka, 1977. – S. 60–63.
6. Ornatskij P.P. Avtomaticheskie izmereniya i pribory (analogovye i cifrovye) / Ornatskij P.P. – K. : Vysha shkola, 1986. – 504 s.
7. Izmereniya v elektronike: Spravochnik / [V.A. Kuznecov, V.A. Dolgov, V.M. Konevskih i dr. ; pod. red. V.A. Kuznecova]. – M. : Energoatomizdat, 1987. – 512 s. : il.
8. Kukush V.D. Elektroradioizmereniya : uchebnoe posobie dlya vuzov / Kukush V.D. – M. : Radio i svyaz, 1985. – S. 386.
9. Metrolohiia ta vymiriuvalna tekhnika : pidruchnyk / [E.S. Polishchuk, M.M. Dorozhovets, V.O. Yashchuk, V.M. Vanko, H.T. Boiko ; za red. E.S.]. – Lviv : Vyd-vo “Beskyd Bit”, 2003. – S. 544.
10. Shvedskij B.I. Elektronnye cifrovye pribory / Shvedskij B.I. – 2-e. izd., pererab. i dopol. – 1991. – S. 191.
11. Troianov H.Iu. Ohliad metodiv vymiriuvannia amplitudy zminnoi napruhy synusoidalnoi formy / H.Iu. Troianov, I.V. Trotsyshyn // Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh : materialy VI nauk.-tekhn. konf. – Khmelnytskyi : TUP, 1999. – S. 91.

Надійшла / Paper received : 07.11.2020 р. Надрукована/Printed : 04.01.2021 р.