



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76176 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01R 31/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ ДО МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ

1

(21) 2004021268

(22) 20.02.2004

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Скрипник Юрій Олексійович, Шевченко Костянтин Леонідович, Кузнецов Олександр Юрійович

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

(56) Кузнецов О.Ю. Двочастотний рефлекторний метод вимірювання відстані до місця пошкодження електричної лінії // Вісник технологічного університету Поділля. - 2002. - № 5. - Ч.1. - С.132 -134.

UA 34710 A, 15.03.2001

(57) Спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження, при якому формують послідовність імпульсів, вимірюють частоту проходження імпульсів при відомій і невідомій довжинах лінії і визначають довжину лінії до місця пошкодження, який **відрізняється** тим, що спочатку формують опорну послідовність імпульсів від не навантаженого відрізка лінії відомої довжини, визначають код частоти опорної послідовності

2

імпульсів, потім формують вимірювальну послідовність імпульсів від всієї лінії до місця пошкодження, визначають код частоти вимірювальної послідовності імпульсів, формують різницевий код частот проходження імпульсів, зменшують частоту опорної послідовності імпульсів діленням її на величину, пропорційну різницевому коду, знову формують різницевий код між зменшеною частотою опорної послідовності імпульсів і частотою вимірювальної послідовності імпульсів, підстроюють різницевим кодом коефіцієнт ділення частоти до досягнення нульового значення різницевого коду, а довжину лінії ℓ_x до місця пошкодження визначають по формулі:

$$\ell_x = n_k \Delta \ell,$$

де:

 $\Delta \ell$ - відома довжина відрізка лінії; n_k - кінцеве значення коефіцієнта ділення частоти вимірювальної послідовності імпульсів при нульовому різницевому коді частот.

Винахід відноситься до техніки електровимірювання і може бути використаний для визначення довжини електричної лінії до місця пошкодження за часом проходження відбитого імпульсного сигналу.

Відомий спосіб визначення довжини електричної лінії до місця пошкодження [див. Патент України №34710, МПК G01K31/08, 1999, бюл. №2, 2001], заснований на розділенні падаючого гармонійного сигналу на опорний і відбитий, порівнянні фаз відбитого вимірювального і опорного сигналів на основній частоті випробувального сигналу, при збільшенні довжини випробовуваної лінії на відрізок каліброваної довжини і на другій зменшеній частоті, обчисленні довжини електричної лінії за результатами трьох вимірювань.

Недоліком способу є складність розділення відбитого сигналу на вході випробовуваної лінії від зондованого сигналу на низьких частотах, на яких

працює більшість телефонних каналів і ліній з'єднання локальних обчислювальних сітей.

Відомий для низькочастотних кабелів і ліній передач використовують спосіб визначення відстані до місця пошкодження, заснований на порівнянні відбитого імпульсного сигналу із зондованим і визначенні часового інтервалу між ними, за яким обчислюють довжину лінії передачі до місця пошкодження [див. Інформаційний лист АТ "ВАТСОН". Метод рефлектиметрії <http://www.watson.ru/izm/doc/metref/index.shtml>].

Недоліком цього способу є залежність визначеної довжини до місця пошкодження від швидкості розповсюдження сигналу в досліджуваній лінії. У свою чергу швидкість розповсюдження сигналу залежить від температури, вологості, тиску і інших факторів, а також типу лінії і її ізоляції.

Відомий також спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження [див. Кузнецов О.Ю. Двочастотний метод

(13) C2

(11) 76176

(19) UA

вимірювання відстані до місця пошкодження електричної лінії// Вісник технологічного університету Поділля. - 2002. - №5. - 4.1. - С.132-134], при якому формують послідовності імпульсів, вимірюють частоту проходження імпульсів при відомій і невідомій довжинах лінії і визначають довжину лінії до місця пошкодження. При визначенні довжини лінії до місця пошкодження використовують таку формулу:

$$l_x = \frac{f_2}{f_1 - f_2} \Delta l,$$

де - Δl відрізок лінії відомої довжини;
 f_1 і f_2 - частоти, на яких проводяться дослідження.

Завдяки використанню двох частот f_1 і f_2 зондованого сигналу виключається вплив непостійності швидкості розповсюдження імпульсів вздовж лінії до місця пошкодження. Проте чутливість і точність відомого методу на великих відстанях до місця пошкодження залишається низкою, оскільки частоти f_1 і f_2 зближуються, а їх різниця стає сумірною з флуктуаційною нестабільністю автогенератора. Для збільшення різниці частот f_1 і f_2 необхідно збільшити довжину каліброваного відрізка. Але в реальних лініях, особливо з прихованою проводкою, це зробити важко.

В основу винаходу поставлена задача створити такий спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження, в якому введення нових операцій забезпечило б підвищення точності визначення довжини лінії до місця пошкодження незалежно від типу ліній передачі і на великих відстанях.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження, при якому формують послідовність імпульсів, вимірюють частоту проходження імпульсів при відомій і невідомій довжинах лінії і визначають довжину лінії до місця пошкодження, згідно з винаходом спочатку формують опорну послідовність імпульсів від ненавантаженого відрізка лінії відомої довжини, визначають код частоти опорної послідовності імпульсів, потім формують вимірювальну послідовність імпульсів від всієї лінії до місця пошкодження, визначають код частоти вимірювальної послідовності імпульсів, формують різницевий код частот проходження імпульсів, зменшують частоту опорної послідовності імпульсів діленням її на величину, пропорційну різницевому коду, знову формують різницевий код між зменшеною частотою опорної послідовності імпульсів і частотою вимірювальної послідовності імпульсів, підстроюють різницевим кодом коефіцієнт ділення частоти до досягнення нульового значення різницевого коду, а довжину лінії l_x до місця пошкодження визначають по формулі:

$$l_x = n_k \Delta l,$$

де Δl - відома довжина відрізка лінії;
 n_k - кінцеве значення коефіцієнта ділення частоти вимірювальної послідовності імпульсів при нульовому різницевому коді частот.

Введення в спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження операції формування опорної послідовності імпульсів

при ненавантаженому відрізку лінії відомої довжини, визначення коду частоти вимірювальної послідовності імпульсів, формування послідовності імпульсів при зондуванні всієї довжини до місця пошкодження, визначення коду частоти вимірювальної послідовності імпульсів, зменшення до частоти опорної послідовності імпульсів діленням її кодоімпульсним дільником частоти на величину пропорційну різницевому коду, повторне формування різницевого коду між частотою опорної послідовності імпульсів, що зменшується і постійною частотою вимірювальної послідовності імпульсів з підстроюванням коефіцієнта ділення частоти різницевим кодом до досягнення його нульового значення дозволить визначити довжину лінії до місця пошкодження по відомій довжині відрізка лінії і конкретному значенню коефіцієнта ділення частоти опорної послідовності імпульсів, що забезпечує підвищення точності визначення довжини лінії до місця пошкодження, незалежно від типу ліній і на великі відстані.

Сутність пропонованого винаходу пояснюється кресленням, на якому зображена вимірювальна схема.

До одновібратора 1 підключений блок 2 розділення падаючого і відбитого сигналів. Один вихід блоку 2 розділення з'єднаний з входом автоматичного перемикача 3, один вихід якого з'єднаний з ненавантаженим відрізком лінії 4 того ж матеріалу, що і досліджувана лінія 5, з'єднана з іншим виходом автоматичного перемикача 3. Вихід досліджуваної лінії через ключ 6 на з'єднаний резистор 7. Інший вихід блоку розділення 2 з'єднаний з входом імпульсного підсилювача 8, вихід якого з'єднаний з входом автоматичного перемикача 9 і управляючим входом одновібратора 1. Один вихід автоматичного перемикача 9 через керуєний кодом дільник частоти 10 з'єднаний з підсумовуючим входом реверсивного лічильника імпульсів 11, від'ємний вхід якого з'єднаний безпосередньо з другим виходом автоматичного перемикача 9. Кодовий вихід реверсивного лічильника імпульсів 11 з'єднаний з входом-виходом мікро-ЕОМ 12. Другий вхід-вихід мікро-ЕОМ 12 з'єднаний з управляючим входом керуємого кодом дільника частоти 10. Вихід мікро-ЕОМ 12 з'єднаний з цифровим індикатором 13. Вихід таймера мікро-ЕОМ 12 з'єднаний з управляючими входами автоматичних перемикачів 3 і 9.

Кнопка 14 служить для першого головного запуску одновібратора 1.

Спосіб здійснюється таким чином.

При замиканні кнопки 14 одновібратор 1 формує короткий імпульс на своєму виході, який через блок розділення 2 і автоматичний перемикач 3, поступає у відрізок лінії 4 відомої довжини Δl . Відрізок лінії є однотипним з досліджуваною лінією 5 загальною довжиною l .

Оскільки відрізок лінії 4 на кінці розімкнений, то відбитий імпульс через блок розділення 2 поступає на вхід імпульсного підсилювача 8. Посилений імпульс впливає на управляючий вхід одновібратора 1, який формує наступні зондуючі імпульси. Кожний наступний імпульс з'являється через часовий інтервал, за який зондуючий імпульс проходить до кінця відрізка 4 і назад. В

результаті генерації зондуючих імпульсів формується опорна послідовність імпульсів, частота проходження якої встановлюється у зворотній пропорції до довжини відрізка 4:

$$f_1 = \frac{v}{2\Delta l}, \quad (1)$$

де f_1 - частота проходження опорної послідовності;

v - швидкість розповсюдження імпульсів в досліджуваній лінії;

Δl - відома довжина відрізка лінії.

Опорна послідовність імпульсів при вказаному положенні автоматичного перемикача 9 поступає на керуєний кодом дільник частоти 10. За відсутності коду на керованому вході дільника частоти коефіцієнт ділення рівний одиниці. Тому за час, який задається таймером мікро-ЕОМ 12, в реверсивному лічильнику імпульсів 11 накопичується певне число імпульсів і формується відповідний код:

$$N_1 = \Delta t f_1 = \frac{v \Delta t}{2\Delta l}. \quad (2)$$

При скінченні часу Δt відбувається перемикач-ня контактів автоматичних перемикачів 3 і 9. Зондуючі імпульси тепер проходять всю досліджувальну лінію 5 до місця пошкодження і назад, формуючи вимірювальну послідовність імпульсів. Тому частота проходження вимірювальної послідовності імпульсів визначається за виразом:

$$f_2 = \frac{v}{2\Delta l_x}, \quad (3)$$

де l_x - довжина досліджуваної лінії до місця пошкодження (обриви, коротке замикання, порушення ізоляції і т.д.)

Вимірювальна послідовність імпульсів через автоматичний перемикач 9 поступає на віднімаючий вхід реверсивного лічильника імпульсів 11. За наступний інтервал часу Δt , який задає таймер мікро-ЕОМ 12, обчислюється певне число імпульсів і формується відповідний код:

$$N_2 = \Delta t f_2 = \frac{v \Delta t}{2\Delta l_x}. \quad (4)$$

В результаті на виході реверсивного лічильника імпульсів 11 за один період роботи автоматичних перемикачів 3 і 9 формується різницевий код:

$$N'_3 = N_1 - N_2 = \Delta t (f_1 - f_2). \quad (5)$$

Різницевий код N'_3 зберігається в пам'яті мікро-ЕОМ 12, на її другому вході-виході формується код N'_4 , який керує коефіцієнтом ділення дільника частоти 10. Відповідно до таблиці кодів початковий код пропорційний початковому різницевому коду. Після введення коду коефіцієнт ділення частоти зменшує частоту імпульсів, які поступають на підсумовуючий вхід реверсивного лічильника імпульсів 11 при наступному періоді роботи автоматичних перемикачів 3 і 9. В результаті цього на виході реверсивного лічильника імпульсів 11 після другого періоду перемикачів формується зменшений різницевий код:

$$N''_3 = \Delta t \left(\frac{f_1}{n_1} - f_2 \right). \quad (6)$$

Код N''_3 переноситься в пам'ять мікро-ЕОМ 12, де порівнюється з попереднім значенням N'_3 . Різниця кодів $\Delta N_3 = N''_3 - N'_3$ збільшує управляючий код дільника частоти 10 до значення $N''_4 = N'_4 + \Delta N'_3$. Відповідно зростає і коефіцієнт ділення частоти опорної послідовності імпульсів до значення n_2 ($n_2 > n_1$), а різницевий код на виході реверсивного лічильника імпульсів 11 ще більш зменшується:

$$N'''_3 = \Delta t \left(\frac{f_1}{n_2} - f_2 \right). \quad (7)$$

В результаті ітераційного процесу на виході реверсивного лічильника імпульсів 11 формується убутий код, який після декількох циклів роботи автоматичних перемикачів 3 і 9 приймає нульове значення:

$$N'_3 > N''_3 > N'''_3 > \dots > N^k_3 = 0 \quad (8)$$

де k - число періодів перемикачів автоматичних перемикачів 3 і 9.

Відповідно до зменшення різницевого коду (8) зростає управляючий код:

$$n_1 < n_2 < n_3 < \dots < n_k \quad (10)$$

де n_k - кінцеве значення коефіцієнта ділення частоти, відповідне до нульового значення різницевого коду ($N^k_3 = 0$).

При коефіцієнті ділення частоти n_k виконується рівність:

$$N^k_3 = \Delta t \left(\frac{f_1}{n_k} - f_2 \right) = 0. \quad (11)$$

Підставивши у вираз (11) значення частот з (1) і (3), отримаємо:

$$l_x = n_k \Delta l. \quad (12)$$

Таким чином, довжина електричної лінії передачі до місця пошкодження l_x визначається встановленим коефіцієнтом ділення частоти опорної послідовності імпульсів і відомою довжиною відрізка лінії. При цьому на результат вимірювання не впливає швидкість розповсюдження зондуючих імпульсів в лінії, а отже, і тип лінії. При великій довжині лінії до місця пошкодження ($l_x \gg \Delta l$) частоти проходження опорної f_1 і вимірювальної f_2 послідовностей імпульсів залишається рознесеними, що підвищує точність вимірювання.

Оскільки кожному коефіцієнту ділення частоти n_i у виразі (12) відповідає управляючий код N^i_4 , то в процесі вимірювання мікро-ЕОМ 12 по сталому значенню коду N^k_4 і довжині відрізка Δl обчислюється довжина лінії l_x до місця пошкодження.

Результат дослідження лінії відображається на цифровому індикаторі 13. Контроль результатів вимірювань здійснюються на непошкодженій лінії відомої довжини і при розімкненому ключі 6. В цьому випадку зондуючий імпульс відбивається від кінця розімкненої лінії 5 і на цифровому індикаторі 13 відображається відома довжина лінії.

Дослідження показали, що запропонованим способом можна знаходити обрив або коротке замикання у витій парі на довжині 100-1500м з погрешністю не більш ± 10 -12см. Оскільки на результат вимірювання не впливає швидкість розповсюдження зондуючих імпульсів по лінії, то за-

пропонований спосіб може бути застосований і до інших типів лінії (телефонні, повітряні та ін.) якщо відрізок лінії відомої довжини того ж типу, що і досліджувана лінія.

Дослідження дали позитивний результат і на радіочастотних коаксіальних кабелях з різним типом ізоляції (РК-50-2-11, РК-100-7-13, РК-150-7-12) незалежно від значення коефіцієнта укорочення для конкретного типу лінії. Так, якщо для повітряної лінії коефіцієнт укорочення практично рівний одиниці, то для кабелю РК-50 він складає 1,52, для кабелю марки СБ - 1,84, а для кабелю П-270 він досягає 3,0. В запропонованому способі

обмежень по коефіцієнту укорочення, який залежить від швидкості розповсюдження імпульсів уздовж лінії.

Додаткова затримка відбитих імпульсів в амплітудному підсилювачі, а також у вхідному ланцюзі одновібратора не впливають на результат вимірювання, оскільки ці затримки в однаковій мірі зменшують частоту як опорної, так і вимірювальної послідовності імпульсів.

Для керуемого кодом дільника частоти використана мікросхема К564ІЕ15, яка є програмованим лічильником-дільником з змінним коефіцієнтом ділення.

