

Корисна модель належить до електровимірювальної техніки і може бути використана для визначення довжини електричної лінії до місця пошкодження за часом затримки відбитих імпульсів відносно зондуючих.

При включенні випробуваної електричної лінії передачі в ланцюг зворотного зв'язку імпульсного автогенератора [див. Скрипник Ю.О., Кузнецов А.Ю., "Рефлектометричний прилад для визначення відстані до місця пошкодження електричних ліній передачі"// Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2002.- №1. – с.155-158] частота автогенерації імпульсів визначається тимчасовою затримкою електричної лінії до місця її пошкодження (обрив, коротке замикання). Однак визначити довжину лінії до місця пошкодження з високою точністю неможливо, тому що автоколивання імпульсів залежить ще й від швидкості розповсюдження імпульсів вздовж випробуваної лінії, що у свою чергу залежить від типу лінії й стану її ізоляції.

Відомий автогенераторний спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження [див. Кузнецов О.Ю. "Двочастотний рефлекторний метод вимірювання відстані до місця пошкодження електричної лінії"// Вісник Технологічного університету Поділля. - 2002. - 4.1, №5. – с.132-134], при якому в імпульсному автогенераторі одержуємо дві частоти при підключенні лінії відомої довжини й досліджуваної лінії того самого типу. Довжину до місця пошкодження визначаємо за формулою, в яку ввійшли два значення частоти й довжина відрізка відомої довжини.

Завдяки використанню двох частот автоколиваний виключається вплив швидкості поширення імпульсів в лінії на результати вимірів, по яким визначають відстань електричної лінії передачі до місця пошкодження. Однак виникає відносно велика похибка при близьких частотах автогенератора, коли флюктуаційна нестабільність автогенератора порівнянна з інформаційною різницею двох частот, а також низька чутливість при більших відстанях до місця пошкодження лінії.

Відомий також автогенераторний спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження [див. Патент України №76176, МПК G01R31/08, бюл. 17, 2006], при якому виділяють відрізок відомої довжини на початковій ділянці випробуваної лінії, підключають виділену ділянку до імпульсного автогенератора, підключають випробувану лінію без відрізка лінії відомої довжини, підключають до імпульсного автогенератора всю випробувальну лінію. Крім того визначаються код частоти опорної послідовності імпульсів та код частоти вимірювальної послідовності імпульсів, а довжину лінії ℓ_X до місця пошкодження визначають за формулою:

$$\ell_X = n_k \Delta \ell,$$

де $\Delta \ell$ - відома довжина відрізка лінії;

n_k - кінцеве значення коефіцієнта ділення частоти вимірювальної послідовності імпульсів при нульовому різницевому коді частот.

Завдяки зрівнюванню двох частот автоколиваний імпульсного генератора шляхом ділення більш високої частоти від відрізка відомої довжини забезпечується незалежність чутливості способу до довжини лінії до місця пошкодження. При цьому швидкість поширення зондувальних і відбитих імпульсів у випробуваній лінії не впливає на результат визначення довжини лінії до місця пошкодження. Однак тимчасові затримки в ланцюзі зворотного зв'язку автогенератора, які необхідні для поділу в часі зондуючих і відбитих імпульсів, істотно впливають на результат.

В основу корисної моделі покладена задача створити такий спосіб визначення довжини електричної лінії до місця пошкодження, в якому шляхом введення нових операцій забезпечило б підвищення точності визначення довжини лінії до місця пошкодження незалежно від тимчасових затримок у ланцюгах формування зондувальних і відбитих імпульсів.

Поставлена задача вирішується тим, що в автогенераторний спосіб визначення довжини електричної лінії передачі до місця пошкодження, при якому виділяють відрізок відомої довжини на початковій ділянці випробуваної лінії, підключають виділену ділянку до імпульсного автогенератора, підключають випробувану лінію без відрізка лінії відомої довжини, підключають до імпульсного автогенератора всю випробувальну лінію та визначають довжину лінії до місця пошкодження, згідно з корисною моделлю, після виділення відрізка відомої довжини та підключення виділеної ділянки до імпульсного автогенератора визначають код N_1 періоду повторення відбитих від кінця відрізка імпульсів, після підключення випробуваної лінії без відрізка лінії відомої довжини визначають код N_2 періоду повторення відбитих імпульсів від місця пошкодження та після підключення до імпульсного автогенератора всієї випробувальної лінії визначають код N_3 періоду повторення відбитих імпульсів від місця пошкодження лінії, а довжину лінії ℓ_X до місця пошкодження визначають за формулою:

$$\ell_X = \left(\frac{N_3 - N_2}{N_3 - N_1} + 1 \right) \Delta \ell$$

де $\Delta \ell$ - відома довжина випробуваної лінії.

N_1 - код періоду повторення відбитих імпульсів від кінця відрізка лінії відомої довжини ($\Delta \ell$)

N_2 - код періоду повторення відбитих імпульсів від місця пошкодження лінії без відрізка лінії відомої довжини ($\ell_X - \Delta \ell$)

N_3 - код періоду повторення відбитих імпульсів від місця пошкодження лінії (ℓ_X).

Введення у відомий спосіб нових операцій по виділенню на початковій ділянці випробуваної лінії відрізка відомої довжини й наступне підключення до імпульсного генератора виділеної ділянки випробуваної лінії без виділеної ділянки і, нарешті, всієї випробуваної лінії з фіксацією цифрових кодів періодів проходження відбитих імпульсів при кожній із трьох частот автоколиваний імпульсного автогенератора дозволяє визначити довжину випробуваної лінії передачі до місця пошкодження незалежно від значень затримок у ланцюгах формування зондувальних і відбитого імпульсів автогенератора, що підвищує точність визначення довжини лінії до місця пошкодження.

Використання трьох частот автоколиваний замість двох дозволяє виключити вплив не тільки інструментальних затримок при формуванні імпульсів, але й зберегти перевагу відомого способу-прототипу в частині виключення впливу швидкості поширення імпульсів уздовж випробуваної лінії. Останнє досягається за рахунок застосування нової розрахункової формули, в яку входять коди періодів проходження імпульсів замість їхніх частот.

На кресленні зображена функціональна схема вимірювально-інформаційної системи.

До одинвібратора 1 через тимчасову затримку τ_1 2 підключений підсилювач відеоімпульсів 3, до виходу якого через погоджувальний резистор 4 приєднується випробувана лінія 5 довжиною ℓ . До початкової ділянки лінії 6 відомої довжини $\Delta\ell$ підключені шунтувальний ключ 7 і заземлюючий ключ 8. Кінець випробуваної лінії 5 навантажений на узгоджене навантаження 9. До входу випробуваної лінії 5 підключений підсилювач відеоімпульсів 10 із блокуючим входом, який з'єднаний безпосередньо з виходом одинвібратора 1. Вихід підсилювача відеоімпульсів 10 через формувач імпульсів 11, тимчасову затримку τ_2 12 і логічну схему «АБО» 13 з'єднаний із входом, що запускає, одинвібратора 1. Одночасно імпульси з виходу формувача 11 надходять на вхід кодуєчого перетворювача 14 періоду проходження імпульсів, цифровий вихід якого з'єднаний із входом мікроЕОМ 15, до виходу якої підключений цифровий індикатор 16. До імпульсно-потенційних виходів мікроЕОМ 15 підключені керуючі входи ключів 7, 8 і другий логічний вхід «АБО» 13.

Спосіб здійснюється наступним чином:

По команді мікроЕОМ 15 на вхід одинвібратора 1 через логічну схему «АБО» 13 надходить імпульс який запускає одинвібратор. Вихідний імпульс одинвібратора 1 безпосередньо блокує підсилювач відеоімпульсів 10. Одночасно вихідний імпульс одинвібратора 1 затримується завдяки затримки 2, підсилюється підсилювачем відеоімпульсів 3 і через погоджувальний резистор 4 надходить у випробувану лінію 5.

Час затримки τ_1 , ланки 2 вибирається рівним часу спрацьовування блокуючого входу, підсилювача відеоімпульсів 10. Тому при надходженні зондувального імпульсу у випробувану лінію 5 підсилювач відеоімпульсів 10 вже закритий і не реагує на зондувальні імпульси.

У першому циклі роботи мікроЕОМ 15 ключ 7 розімкнута, а ключ 8 замкнут. У результаті короткого замикання відрізка лінії 6 відомої довжини $\Delta\ell$ зондувальний імпульс відбивається від кінця відрізка й надходить на вхід підсилювача відеоімпульсів 10, який на цей момент часу розблокований. З посиленого відбитого імпульсу за допомогою формувача 11 створюється короткий імпульс, за часом прив'язаний до переднього фронту відбитого відеоімпульсу. Сформований імпульс затримується на час τ_2 , який вибирається по найбільшій тривалості відбитого імпульсу.

Затриманий імпульс через другий вхід схеми «АБО» 13 впливає на вхід одинвібратора 1. До моменту запуску одинвібратора відбитий імпульс вже припиняє свою дію. Тому знову сформований зондувальний імпульс надходить у випробувану лінію 5 і процес рециркуляції імпульсів триває, що й визначає режим автоколивань.

Кожний наступний імпульс з'являється через часовий інтервал, що пропорційний довжині відрізка лінії й обернено пропорційний швидкості поширення імпульсу вздовж лінії, яка залежить від типу лінії й стану її ізоляції.

З урахуванням тимчасової затримки, що є присутнім у ланцюзі зворотного зв'язку імпульсного автогенератора ($\tau_1 + \tau_2 = \tau$), період T_1 проходження імпульсів в обидва кінці відрізка 6 лінії 5 визначається співвідношенням:

$$T_1 = \frac{2\Delta\ell}{v} + \tau, \quad (1)$$

де v - швидкість поширення імпульсів уздовж відрізка лінії $\Delta\ell$ передачі.

За допомогою кодуєчого перетворювача 14 тривалість періоду проходження імпульсів перетворюється в цифровий код:

$$N_1 = \frac{\frac{2\Delta\ell}{v} + \tau}{q}, \quad (2)$$

де q - одиниця молодшого розряду перетворення, що кодує.

Цифровий код N_1 запам'ятовується в мікроЕОМ 15.

У другому циклі мікроЕОМ 15 ключ 6 замикається, а ключ 8 розмикається. У результаті цього до імпульсного автогенератора підключається випробувана лінія 5 без відрізка 6 відомої довжини.

Якщо пошкодження в лінії на відстані ℓ_x від початку лінії, то відбиття імпульсів від місця пошкодження (коротке замикання або обрив), проходить відстань $\ell_x - \Delta\ell$. Загальна затримка в імпульсному автогенераторі пропорційна $2(\ell_x - \Delta\ell)$ й затримці τ в ланцюзі зворотного зв'язку. Період T_2 проходження імпульсів у цьому випадку буде визначатися вираженням:

$$T_2 = \frac{2(\ell_x - \Delta\ell)}{v} + \tau, \quad (3)$$

Період T_2 проходження імпульсів автогенератора також кодується перетворювачем 14 з утворенням коду:

$$N_2 = \frac{\frac{2(\ell_x - \Delta\ell)}{v} + \tau}{q}, \quad (4)$$

Цифровий код N_2 також уводиться в мікроЕОМ 15 і запам'ятовується.

У третьому циклі роботи мікроЕОМ 15 розмикається ключ 7. При цьому до імпульсного автогенератора приєднується вся випробувана лінія 5. Період проходження імпульсів автогенератора збільшується до значення:

$$T_3 = \frac{2\ell_x}{v} + \tau, \quad (5)$$

Кодуючий перетворювач 14 період T_3 проходження імпульсів перетворює в код:

$$N_3 = \frac{\frac{2\ell_x}{v} + \tau}{q}, \quad (6)$$

Цифровий код N_3 також запам'ятовується в мікроЕОМ 15.

Далі за програмою, яка записана у пам'ять мікроЕОМ 15, здійснюється обчислення числа:

$$N_4 = \frac{N_3 - N_2}{N_3 - N_1}. \quad (7)$$

Підставляючи у вираження (7) значення кодів з (2), (4) і (6), одержуємо:

$$N_4 = \frac{\Delta \ell}{\ell_X - \Delta \ell} = \frac{N_3 - N_2}{N_3 - N_1}. \quad (8)$$

Вирішивши рівняння (8) щодо шуканої довжини лінії ℓ_x до місця пошкодження, одержуємо:

$$\ell_X = \left(\frac{N_3 - N_2}{N_3 - N_1} + 1 \right) \Delta \ell \quad (9)$$

У пам'ять мікроЕОМ 15 вводиться обрана довжина відрізка $\Delta \ell$ випробуваної лінії. Відповідно до формули (9) у мікроЕВМ по кодах N_1 , N_2 і N_3 , які зберігаються у пам'яті машини й довжині відрізка $\Delta \ell$ обчислюється за формулою (9) довжина лінії ℓ_X . Результат виводиться на індикатор 16.

Як видно з формули (9) результат обчислення не залежить від тимчасової затримки в ланцюзі зворотного зв'язка автогенератора ($\tau_1 + \tau_2 = \tau$) і від швидкості поширення імпульсів вздовж лінії. Останнє означає, що запропонований спосіб інваріантний до типу лінії передачі, а отже для різних ліній передачі (телефонна лінія, «кручена пара» тощо) без використання спеціальних еталонів для кожного типу лінії.

Контроль роботи імпульсного автогенератора здійснюється по коду N₁, відомого відрізка випробуваної лінії. При цьому коректується коефіцієнт підсилення прийомного підсилювача відеоімпульсів 10 і поріг спрацювання формувача імпульсів 11.

Дослідження показали, що для перевірки справності провідних ліній зв'язку обчислювальних систем достатнє формування трьох послідовностей відеоімпульсів тривалістю 5-10нс. Відбиті імпульси із за впливу розподіленої ємності лінії розширюються до 50-80нс. Введення сумарної затримки в контур імпульсного автогенератора порядку 100нс і відрізка лінії в 1-2м забезпечують можливість визначення довжини лінії до місця пошкодження в діапазоні від 5м до 1000м з похибкою не більше $\pm 5\text{см}$. Для виключення впливу перешкод поріг спрацьовування формувача імпульсів вибирається 0,2-0,25В, при амплітуді зондувальних імпульсів 5В. Зміна температури на $\pm 20^\circ\text{C}$, які змінюють затримки в контурі автогенератора, не впливають на точність визначення відстані до місця пошкодження.

