



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01R 31/11 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017104591, 13.02.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.02.2017

Дата регистрации:
05.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.02.2017

(45) Опубликовано: 05.07.2018 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

191025, Санкт-Петербург, ул. Марата, 16, кв. 13,
Приходько Татьяна Сергеевна

(72) Автор(ы):

Глаголев Сергей Федорович (RU),
Былина Мария Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А.
Бонч-Бруевича" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Диссертация: "Исследование
импульсного метода измерений параметров
двухпроводных цепей", 05.12.13. RU 97831
U1, 20.09.2010. Статья: "Особенности
практического использования
рефлектометров во временной области", 4/
2014, с. 69-79. EP 2977774 A1, 27.01.2016.

(54) Способ определения расстояния до неоднородности или повреждения двухпроводной линии по ее рефлектограмме

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, в частности к способам определения местоположения неоднородностей двухпроводных линий, и предназначено для использования с импульсными приборами (рефлектометрами). Сущность заявленного решения заключается в том, что в заявленном решении обеспечивается возможность определения расстояния до неоднородности или повреждения двухпроводной линии по ее рефлектограмме, при котором устанавливают в рефлектометре значение коэффициента укорочения k_y , известное или рассчитанное по выражению $k_y = c \cdot \tau_z$, и некоторую длительность зондирующего импульса t_p , регистрируют рефлектограмму, обнаруживают на ней отраженный от неоднородности или повреждения

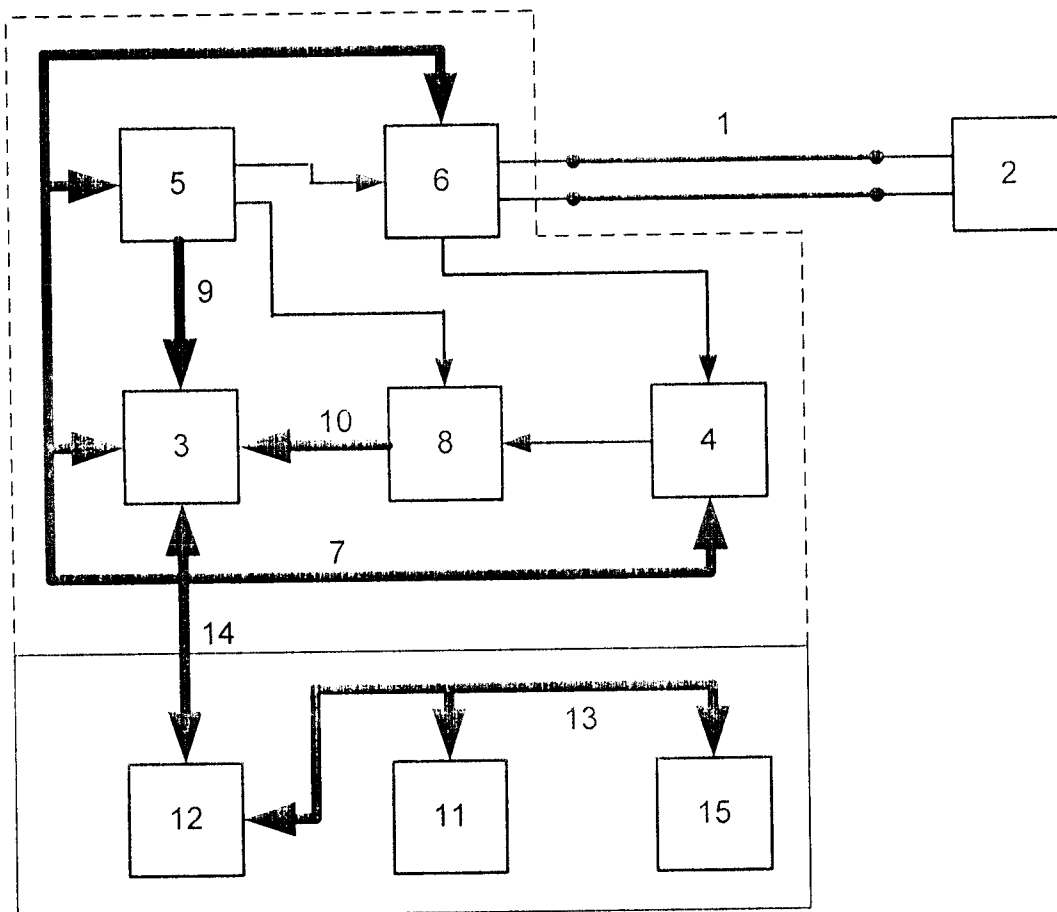
импульс и определяют расстояние $l_{d \exp}$ до переднего фронта обнаруженного импульса, отличающемся тем, что после обнаружения отраженного от неоднородности импульса измеряют по шкале (или с помощью курсора) расстояние $l_{d \max}$ до вершины отраженного импульса, после чего определяют $l_{d \exp}$ путем численного решения уравнения:

$$\left[2\tau_z(l_{d \max} - l_{d \exp}) \right]^Q - \left[\frac{8}{3} \tau_0 l_{d \exp}^2 \right]^Q = t_p^Q,$$

где τ_z - удельное время задержки сигнала, τ_0 - конструктивная постоянная двухпроводной линии, t_p - длительность зондирующего импульса, $Q=1.371$ - коэффициент аппроксимации.

Техническим результатом изобретения является повышение точности определения расстояния до

неоднородности (повреждения) в двухпроводной линии по ее рефлектограмме. 6 ил., 3 табл.



Фиг. 4

RU 2660222 C1

RU 2660222 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01R 31/11 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017104591**, **13.02.2017**

(24) Effective date for property rights:
13.02.2017

Registration date:
05.07.2018

Priority:

(22) Date of filing: **13.02.2017**

(45) Date of publication: **05.07.2018** Bull. № 19

Mail address:

**191025, Sankt-Peterburg, ul. Marata, 16, kv. 13,
Prihodko Tatyana Sergeevna**

(72) Inventor(s):

**Glagolev Sergej Fedorovich (RU),
Bylina Mariya Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj universitet telekommunikatsij
im. prof. M.A. Bonch-Bruевичa" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING THE DISTANCE TO INHOMOGENEITY OR DAMAGE OF A TWO-WIRE LINE BY ITS REFLECTOGRAM**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, in particular to methods for determining the location of inhomogeneities in two-wire lines, and is intended for use with pulse devices (reflectometers). Essence of the claimed solution lies in the fact that in the claimed solution it is possible to determine the distance to the inhomogeneity or damage of the two-wire line according to its reflectogram, at which the value of the velocity factor k_v is set in the reflectometer, known or calculated from $k_v = c \cdot \tau_z$, and some duration of the probing pulse t_p , the reflectogram is registered, a pulse reflected from the inhomogeneity or damage is detected on it and the distance $l_{d \exp}$ up to the leading edge of the detected pulse is determined, differs in the fact, that after the detection of the pulse reflected from

the inhomogeneity, the distance $l_{d \max}$ up to the top of the reflected pulse, is measured on a scale (or by means of a cursor), after which the $l_{d \exp}$ by numerical solution of the equation is determined:

$$\left[2\tau_z (l_{d \max} - l_{d \exp}) \right]^Q - \left[\frac{8}{3} \tau_0 l_{d \exp}^2 \right]^Q = t_p^Q,$$

where τ_z – the specific signal time delay, τ_0 – a constructive const of the two-wire line, t_p – the duration of the probing pulse, $Q=1.371$ is the approximation coefficient.

EFFECT: increase in the accuracy of determining the distance to the inhomogeneity (damage) in the two-wire line from its reflectogram.

1 cl, 6 dwg, 3 tbl

Изобретение относится к электротехнике, в частности к способам определения местоположения неоднородностей двухпроводных линий, и предназначено для использования с импульсными приборами (рефлектометрами).

Известен импульсный или рефлектометрический метод измерений параметров двухпроводных линий (см. 1. Воронцов А.С. Импульсные измерения коаксиальных кабелей связи / А.С. Воронцов, П.А. Фролов. - М.: Радио и связь, 1985. - с. 5-10) и реализующие его устройства, называемые импульсными приборами или рефлектометрами и предназначенные для обнаружения неоднородностей и повреждений в двухпроводных линиях и определения расстояний до них (см. например, 2. Патент РФ на изобретение №2098838, М. кл. G01R 31/11, опубл. 10.12.1997; 3. Патент РФ на изобретение №2142142, М. кл. G01R 31/11, опубл. 27.11.1999; 4. Патент США на изобретение №6856138 В2, М.кл. G01R 31/11 опубл. 15.02.2005; 5. Патент США на изобретение №2007/0108989 А1, М.кл. G01R 31/11 опубл. 17.05.2007). Способ определения расстояния до неоднородностей или повреждений в этих устройствах основан на зондировании линии импульсами напряжения и последующей регистрации обратного потока - совокупности импульсов, отраженных от имеющихся неоднородностей и повреждений. Зависимость обратного потока, который может быть представлен электрическим напряжением $U(t)$ или отношением $Y(t)$ этого напряжения к амплитуде зондирующего импульса, от интервала времени t между началом зондирующего импульса и моментом регистрации обратного потока (далее «время») называется рефлектограммой.

Рефлектограмма несет информацию о распределении и параметрах неоднородностей и повреждений в исследуемой линии. В большинстве импульсных приборов шкала времени t градуируется в единицах расстояния l с использованием выражения

$$l = \frac{vt}{2} = \frac{t}{2\tau_z} = \frac{ct}{2k_y}, \quad (1)$$

где c - скорость света в вакууме, v - скорость распространения электрических импульсов напряжения по исследуемой линии, $k_y = c/v = c \cdot \tau_z$ - коэффициент укорочения, который устанавливается оператором перед измерениями, $\tau_z = 1/v$ - удельное время задержки сигнала в линии. Тогда под рефлектограммой линии понимают зависимость обратного потока от расстояния $Y(l)$. Отметим, что переход от времени к расстоянию на рефлектограмме сопровождается погрешностью, связанной с неточным знанием коэффициента укорочения или удельного времени задержки сигнала. Обратный переход от установленного расстояния к времени при знании выбранного оператором коэффициента укорочения происходит практически без погрешности.

Известна математическая модель обратного потока из неоднородной двухпроводной линии [см. 6. Былина М.С. Исследование импульсного метода измерений параметров двухпроводных кабельных цепей: Автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук: 05.12.13 / М.С. Былина; С.-Петербург. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. – СПб: 2006], позволяющая описать импульсную характеристику отражения от одиночной неоднородности:

$$g_r(t) = \frac{r \cdot l_d \sqrt{\tau_0}}{\sqrt{\pi} (t - 2\tau_z l_d)^{3/2}} \exp \left[-\frac{4\tau_0 l_d^2}{t - 2\tau_z l_d} \right] \cdot 1(t - 2\tau_z l_d), \quad (2)$$

где τ_0 - конструктивная постоянная цепи, $l(t)$ - функция Хэвисайда, r - коэффициент отражения от неоднородности, расположенной на расстоянии l_d . Параметры τ_z и τ_0

определяются конструкцией линии. Их значения приводятся в справочной литературе (см., например, 7. Андреев, В.А. Временные характеристики кабельных линий связи / В.А. Андреев. - М.: Радио и связь, 1986 - с. 8), а также могут определяться экспериментально (см. 8. Былина М.С. Экспериментальное определение удельной конструктивной постоянной двухпроводной кабельной цепи / М.С. Былина, С.Ф. Глаголев // Информационные технологии и телекоммуникации. - 2014. - №1. - с. 9-20).

Известен способ экспериментального определения расстояния l_{dexp} до неоднородности (повреждения) в линии по ее рефлектограмме (см. 9. Косолапенко, Г.Б. Специальные измерения в проводной связи / Г.Б. Косолапенко С.Г. Милейковский. - М.: Связьиздат, 1961. - с. 286-287; 10. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения линий электропередачи импульсными методами. - М.: Энергия, 1968. - с.89; 11. Рефлектометр цифровой РЕЙС-205. Руководство по эксплуатации / НПП «СТЭЛЛ». - Брянск - с. 98-100), основанный на связи шкал времени t и расстояния l при известном коэффициенте укорочения k_y или известном удельном времени задержки сигнала τ_z в исследуемой линии, между которыми существует однозначное соотношение:

$$k_y = c \cdot \tau_z, \quad (3)$$

где τ_z - удельное время задержки сигнала, c - скорость света в вакууме, и предусматривающий установку в рефлектометре известного или рассчитанного по выражению (3) значения коэффициента укорочения k_y и некоторую длительность зондирующего импульса t_p , регистрацию рефлектограммы и обнаружение на ней отраженного от неоднородности импульса, после чего определение по шкале (или с помощью курсора) расстояния до начала его переднего фронта l_{dexp} (Фиг. 1), которое и принимается за действительное расстояние до неоднородности l_d .

Полученный результат l_{dexp} имеет погрешности, связанные с неточным знанием коэффициента укорочения или удельного времени задержки сигнала (мультипликативная погрешность), а также неточным определением начала отраженного от неоднородности импульса (аддитивная погрешность). Последняя погрешность Δl_d обусловлена тем, что начальный участок переднего фронта импульса, отраженного от неоднородности (повреждения), имеет очень малую крутизну и его трудно обнаружить (Фиг. 2). Эта погрешность возрастает с увеличением l_d и сложным образом зависит от параметров измеряемой линии и длительности зондирующего импульса. Эта погрешность подробно исследована в [6].

Прототипом настоящего изобретения является способ определения расстояния до неоднородности (повреждения) в двухпроводной линии по ее рефлектограмме, описанный в [9].

Техническим результатом изобретения является повышение точности определения расстояния до неоднородности (повреждения) в двухпроводной линии по ее рефлектограмме, достижение которого обеспечивается путем определения расстояния не до начала отраженного импульса, а до его вершины, которая обычно хорошо видна на рефлектограмме даже в присутствии шумовых колебаний сигнала обратного потока в отличие от начала переднего фронта.

Достижение указанного технического результата обеспечивается в способе определения расстояния до неоднородности или повреждения двухпроводной линии по ее рефлектограмме, при котором устанавливают в рефлектометре значение коэффициента укорочения k_y , известное или рассчитанное по выражению $k_y = c \cdot \tau_z$, и

некоторую длительность зондирующего импульса t_p , регистрируют рефлектограмму, обнаруживают на ней отраженный от неоднородности или повреждения импульс и определяют расстояние $l_{d \exp}$ до переднего фронта обнаруженного импульса, отличающемся тем, что после обнаружения отраженного от неоднородности импульса измеряют по шкале (или с помощью курсора) расстояние $l_{d \max}$ до вершины отраженного импульса, после чего определяют $l_{d \exp}$ путем численного решения уравнения:

$$\left[2\tau_z(l_{d \max} - l_{d \exp})\right]^Q - \left[\frac{8}{3}\tau_0 l_{d \exp}^2\right]^Q = t_p^Q, \quad (4)$$

где τ_z - удельное время задержки сигнала, τ_0 - конструктивная постоянная двухпроводной линии, t_p - длительность зондирующего импульса, $Q=1.371$ - коэффициент аппроксимации.

Поясним возможность достижения указанного технического результата.

В предлагаемом способе расстояние до неоднородности определяется по результатам теоретического расчета обратного потока из неоднородной двухпроводной линии с известными параметрами или, по крайней мере, известной конструкции.

В основу теоретического расчета положена математическая модель, предложенная и исследованная в [6]. В соответствии с ней отраженный от неоднородности импульс $u_r(t)$ можно описать выражением:

$$u_r(t) = \int_{-\infty}^t u_1(t-\tau) g_r(\tau) d\tau, \quad (5)$$

где $u_1(t-\tau)$ - зондирующий импульс напряжения длительностью t_p , смещенный на время τ , $g_r(\tau)$ - импульсная характеристика отражения от одиночной неоднородности, определяемая выражением (2). Многократные расчеты отраженных импульсов по выражению (5) для разных значений t_p , l_d и τ_0 , сопровождающиеся оценкой Δt_r для каждого расчета и обобщением полученных результатов, позволили авторам получить аналитическое выражение для длительности переднего фронта Δt_r отраженного от неоднородности импульса:

$$\Delta t_r = t_p \cdot \left(1 + (t_g/t_p)^Q\right)^{1/Q}, \quad (6)$$

где $t_g = 8\tau_0 l_d^2/3$, $Q = 1.371$ - коэффициент аппроксимации. Из выражения (6) было получено уравнение:

$$\left[2\tau_z(l_{d \max} - l_{d \exp})\right]^Q - \left[\frac{8}{3}\tau_0 l_{d \exp}^2\right]^Q = t_p^Q, \quad (7)$$

где $l_{d \max}$ - расстояние до вершины отраженного импульса (измеренная по рефлектограмме величина), $l_{d \exp}$ - расстояние до начала его переднего фронта (искомая величина, получаемая решением приведенного выше уравнения), τ_z - удельное время

задержки сигнала, τ_0 - конструктивная постоянная двухпроводной линии, t_p - длительность зондирующего импульса, $Q=1.371$ - коэффициент аппроксимации.

Полученное уравнение прошло экспериментальную проверку, результаты которой доказали реальное повышение точности определения расстояния до неоднородности двухпроводной линии при использовании предлагаемого способа и определения расстояния до вершины отраженного от неоднородности импульса по рефлектограмме.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена типичная рефлектограмма двухпроводной линии с одним отражением от ее разомкнутого конца.

На фиг. 2 представлен фрагмент рефлектограммы двухпроводной линии, содержащий импульс, отраженный от неоднородности, и показана причина возникновения погрешности измерения расстояния до неоднородности известным способом.

На фиг. 3 представлен фрагмент рефлектограммы двухпроводной линии, содержащий импульс, отраженный от неоднородности, проиллюстрирован предлагаемый способ измерения расстояния до неоднородности и использованные в формулах обозначения.

На фиг. 4 приведен пример устройства для реализации предлагаемого способа.

В соответствии с фиг. 4 устройство содержит исследуемую двухпроводную линию 1 (ДЛ), выход которой нагружен на некоторое сопротивление нагрузки 2. К входу ДЛ 1 подключен вход-выход рефлектометра, состоящего из функциональных блоков 3-15.

Работой рефлектометра управляет микроконтроллер 3 (МК), который осуществляет предварительную обработку сигнала обратного потока, управляет коэффициентом усиления усилителя 4 (УС), параметрами формирователя импульсов 5 (ФИ) и устройства ввода-вывода 6 (УВВ). Управляющие команды от МК 3 к ФИ 5, УС 4, УВВ 6 и информационные сигналы о состоянии ФИ 5, УС 4 и УВВ 6 передаются на МК по

двухпроводной шине управления 7 (ШУ1). ФИ 5 формирует зондирующие импульсы (ЗИ) с заданной от МК 3 длительностью и периодом следования, а также стробимпульсы, управляющие работой аналого-цифрового преобразователя 8 (АЦП). ФИ 5 определяет амплитуду и форму ЗИ. Кроме того, ФИ 5 формирует на шине адреса 9 (ША) код ячейки памяти МК 3, в которую должна записываться цифровая информация от АЦП 8, передаваемая по шине данных 10 (ШД) в МК 3. ЗИ от ФИ 5 через УВВ 6 поступает в ДЛ 1. МК 3 управляет выходным сопротивлением УВВ 6. УВВ 6 выполняет функции разделения направлений передачи ЗИ в исследуемую ДЛ 1, приема обратного потока из ДЛ 1 и направления его к УС 4, а также функции согласования выходного сопротивления рефлектометра с волновым сопротивлением ДЛ 1. Обратный поток из

ДЛ 1 через УВВ 6 поступает на усилитель напряжения УС 4, а усиленный сигнал обратного потока поступает на вход АЦП 8. Цифровой сигнал (код) с выхода АЦП 8 от определенной точки, имеющей адрес, установленный на ША 9, поступает по ШД 10 в МК 3, где он подвергается цифровой обработке, которая включает вывод цифрового кода из ячейки с указанным адресом, суммирование его с кодом АЦП 8 и помещение результата в ту же ячейку, где накапливается сигнал обратного потока. За один период следования ЗИ память МК 3 полностью заполняется. МК 3 управляет процессом измерения в реальном масштабе времени. МК 3 задает момент начала первого измерения, управляет процессом накопления сигнала обратного потока и задает количество отдельных измерений, т.е. определяет момент окончания измерений.

Процессом измерения управляет оператор (измеритель) с помощью клавиатуры 11, которая подключена к устройству управления и цифровой обработки сигналов 12 (УУ ЦОС) с помощью шины управления 13 (ШУ2). УУ ЦОС 12 связан с МК 3 с помощью шины передачи данных 14 (ШПД), по которой передаются от УУ ЦОС 12 к МК 3

управляющие команды, определяющие длительность и период следования ЗИ, количество накоплений и предполагаемое волновое сопротивление ДЛ 1. От МК 3 к УУ ЦОС 12 передается цифровая информация о содержимом памяти МК 3, т.е. о накопленном сигнале обратного потока. В программном обеспечении МК 3 должна
 5 быть предусмотрена (желательно стандартная) процедура обмена информацией между МК 3 и УУ ЦОС 12. Апостериорная обработка информации осуществляется в УУ ЦОС 12. Она включает операции: логарифмирования сигнала обратного потока, учета установленного коэффициента укорочения, а также дополнительной цифровой фильтрации сигнала. УУ ЦОС 12 управляет выводом информации (рефлектограммы)
 10 на дисплей 15 с учетом команд оператора, вводимых через клавиатуру 11. Программное обеспечение УУ ЦОС 12 позволяет: устанавливать на изображении рефлектограммы один или несколько курсоров, выводить на экран расстояния до курсоров и значения соответствующих сигналов обратного потока, выводить на экран фрагменты рефлектограмм и запоминать их в памяти УУ ЦОС 12, одновременно выводить на
 15 экран несколько рефлектограмм или их фрагментов из памяти и сравнивать их между собой. В предлагаемом техническом решении предусмотрена методика определения расстояния до неоднородности, которая реализуется совмещением курсора с вершиной отраженного от выбранной неоднородности импульса и запуском специальной программы для расчета расстояния до выбранной неоднородности путем решения
 20 уравнения (7) относительно величины $l_{d\exp}$.

Предлагаемый способ осуществляется в данном устройстве следующим образом. С помощью клавиатуры УУ 11 устанавливаются параметры рефлектометра, согласованные с известными данными об исследуемой ДЛ 1: ее длина, тип (марка),
 25 волновое сопротивление, сопротивление нагрузки. Оператор выбирает диапазон расстояния, длительность ЗИ, устанавливает коэффициент укорочения. Регистрирует и наблюдает рефлектограмму, аналогичную показанной на фиг. 1. Корректирует установленные в рефлектометре параметры для получения наглядной рефлектограммы. Выделяет фрагмент рефлектограммы, аналогичный фрагменту, показанному на фиг.
 30 2 и 3, содержащий неоднородность, расстояние до которой хочет определить оператор. Определяет с помощью курсора расстояние до вершины отраженного импульса $l_{d\max}$ и запускает процедуру расчета расстояния до начала отраженного импульса $l_{d\exp}$.

Выполнение блоков устройства для осуществления предлагаемого способа можно пояснить следующим образом.

35 Функции блоков 11, 12, 13, и 15 можно реализовать в виде специализированного или универсального персонального компьютера с внешними или встроенными клавиатурой и дисплеем. Для решения перечисленных задач апостериорной обработки сигналов обратного потока может использоваться компьютер с 32- или 64-разрядным процессором с тактовой частотой не менее 1 ГГц и объемом оперативной памяти не
 40 менее 2 ГБ, работающий под управлением операционной системы Microsoft Windows версии 7.0 или выше. Для связи МК 3 и УУ ЦОС 12 могут использоваться порты USB версии не ниже 2.0.

Зададимся некоторыми основными параметрами рефлектометра. Для примера рассмотрим рефлектометр для двухпроводных линий связи с длиной до 30 км. В таблице
 45 1 приведены диапазоны расстояний L , длительности зондирующих импульсов $t_{\text{ц}}$, расстояние $\Delta t_{\text{ц}}$, соответствующее длительности ЗИ, расстояние между соседними отсчетами на рефлектограмме Δt по времени и Δl по расстоянию при общем количестве

точек на рефлектограмме 2048 и коэффициенте укорочения 1.5.

Таблица 1. Параметры рефлектометра для двухпроводных линий связи

Группа параметров	1				2			3		
L , км	512	1024	2048	4096	4096	8192	16384	8192	16384	32768
t_m , нс	5	20	80	320	200	800	3200	400	1600	6400
Δl_m , м	0.5	2	8	32	8	32	128	16	64	256
Δt , нс	2.5	5	10	20	20	40	80	40	80	320
Δl , м	0.25	0.5	1	2	2	4	8	4	8	32

При выбранных параметрах рефлектометра ФИ 5 (фиг. 5) может быть выполнен в виде задающего генератора импульсов 16 (ГИ) с частотой следования импульсов $f=1/\Delta t=400$ МГц, двоичного счетчика 17 (СЧ1) с переменным коэффициентом деления K_1 от 1 до 64, который задает диапазон измерения расстояния от $L=512$ м при $K_1=1$ до $L=32768$ м при $K_1=64$. На выходе СЧ1 17 формируется стробимпульс (СИ) для управления АЦП 8. Частота дискретизации изменяется в зависимости от диапазона расстояний от $f_d=400$ МГц до 6.25 МГц. Счетчик 18 (СЧ2) с коэффициентом $K_2=2048$ задает адрес (номер точки на рефлектограмме) и выводит код адреса на шину адреса 19 (ША). На выходе СЧ2 18 формируется ЗИ. Счетчик 20 (СЧ3) формирует количество накоплений $K_3=n$, которое можно изменять в широких пределах. Время измерения одной рефлектограммы равно $t_{u1}=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 / f$. При этом величины f , K_1 , K_2 имеют определенные значения для выбранного диапазона расстояний, а время измерения можно изменять с помощью коэффициента K_3 . Время измерения можно сделать одинаковым для всех диапазонов, если выбрать $K_1=K_3$. В таблице 2 приведены диапазоны по расстоянию, коэффициенты деления двоичных счетчиков при одинаковом времени регистрации рефлектограммы $t_{iz}=1.34$ с для всех диапазонов расстояния. Управление счетчиками СЧ1 17 и СЧ3 20 осуществляется от МК 3 (Фиг. 4) по шине управления ШУ1 7.

Таблица 2. Параметры ФИ 5

L , м	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768
K_1	$2^0=1$	$2^1=2$	$2^2=4$	$2^3=8$	$2^4=16$	$2^5=32$	$2^6=64$
K_2	$2^{11}=2048$						
K_3	$2^{15}=32768$	$2^{14}=16384$	$2^{13}=8192$	$2^{12}=4096$	$2^{11}=2048$	$2^{10}=1024$	$2^9=512$
t_{iz} , с	1.34						

УВВ может быть выполнено в виде мостовой схемы, один из вариантов которой приведен на фиг. 6. ЗИ от ФИ 5 поступает на первичную обмотку симметрирующего

трансформатора 21 (СТ). В одно плечо мостовой схемы включается ДЛ 1 с волновым сопротивлением Z_v , а в другое балансный контур 22 (БК) с сопротивлением Z_{bk} , величиной которого можно управлять с помощью кода, передаваемого по ШУ1 7. При $Z_{bk}=Z_v$ достигается режим согласования выходного сопротивления рефлектометра с волновым сопротивлением ДЛ 1.

УС 4 представляет собой усилитель напряжения, который усиливает напряжение обратного потока до уровня, необходимого для работы АЦП 8. Для оценки величины коэффициента усиления были проведены расчеты амплитуды напряжения, отраженного от неоднородности с коэффициентом отражения равным $R=1$ при амплитуде ЗИ $U_m=10$ В. Результаты расчетов для симметричного кабеля УТР, у которого удельная конструктивная постоянная составляет $\tau_0=400$ нс/км², приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты расчетов амплитуд отраженных импульсов.

Длительность ЗИ t_p , нс	Расстояние до отражающей неоднородности l_p , м	Затухание импульса a_p , дБ	Амплитуда отраженного импульса, мВ
5	500	50.75	29.0
5	1000	62.70	7.3
80	1000	38.71	116
80	2000	50.72	29.1
320	2000	38.71	116
1600	2000	24.79	576
1600	4000	36.77	145

Примем амплитуду максимального сигнала $U_m=10$ В, а минимального отраженного

сигнала равной $U_{m_min} = 1$ мВ. Тогда принимая опорное напряжение

АЦП равным 1 В, оценим пределы изменения коэффициента передачи усилителя от 0.1 до 10000. Количество разрядов АЦП примем равным $n_{АЦП}=12$. Тогда объем памяти C_1 одной ячейки в битах при количестве накоплений $K_3=64$ составит $C_1 = 262144$ бит = 32.768 кбайт.

$$\tilde{N}_1 = K_3 \cdot 2^{n_{АЦП}} = 262144 \text{ бит} = 32.768 \text{ кбайт.}$$

Общее количество ячеек памяти и объем оперативной памяти составит

$$\tilde{N}_\Sigma = \tilde{N}_1 \cdot K_2 = 32.768 \cdot 2048 = 67.109 \text{ Мбайт.}$$

Микроконтроллер МК 3 должен обеспечить высокую скорость обработки сигнала обратного потока. Максимальная частота дискретизации АЦП 8 должна быть равна 400 МГц, а элементарная операция накопления, включающая считывание из памяти, суммирование и запись в память, должна выполняться за время 2.5 нс.

Перечисленным требованиям удовлетворяют множество АЦП и микроконтроллеров, изготавливаемых компаниями INTEL, Texas Instruments и другими.

(57) Формула изобретения

Способ определения расстояния до неоднородности или повреждения двухпроводной

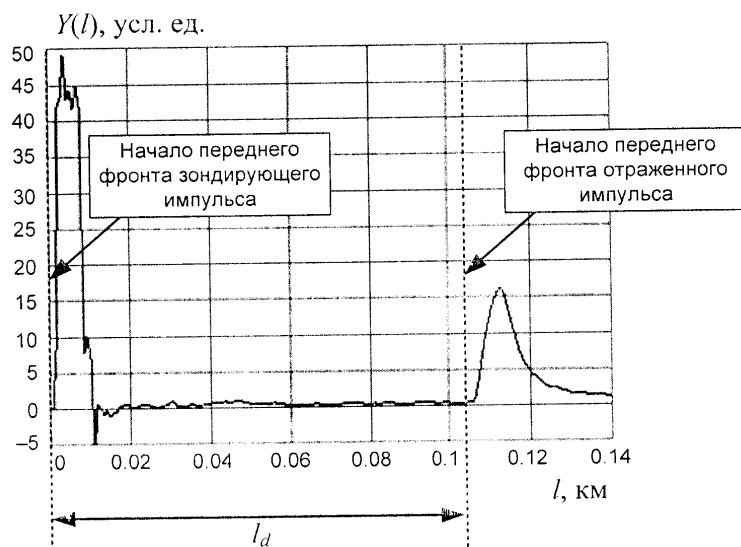
линии по ее рефлектограмме, при котором устанавливают в рефлектометре значение коэффициента укорочения k_y , известное или рассчитанное по выражению $k_y = c \cdot \tau_z$, и некоторую длительность зондирующего импульса t_p , регистрируют рефлектограмму, обнаруживают на ней отраженный от неоднородности или повреждения импульс и определяют расстояние $l_{d \text{ exp}}$ до переднего фронта обнаруженного импульса, отличающийся тем, что после обнаружения отраженного от неоднородности импульса измеряют по шкале (или с помощью курсора) расстояние $l_{d \text{ max}}$ до вершины отраженного импульса, после чего определяют $l_{d \text{ exp}}$ путем численного решения уравнения:

$$\left[2\tau_z (l_{d \text{ max}} - l_{d \text{ exp}}) \right]^Q - \left[\frac{8}{3} \tau_0 l_{d \text{ exp}}^2 \right]^Q = t_p^Q,$$

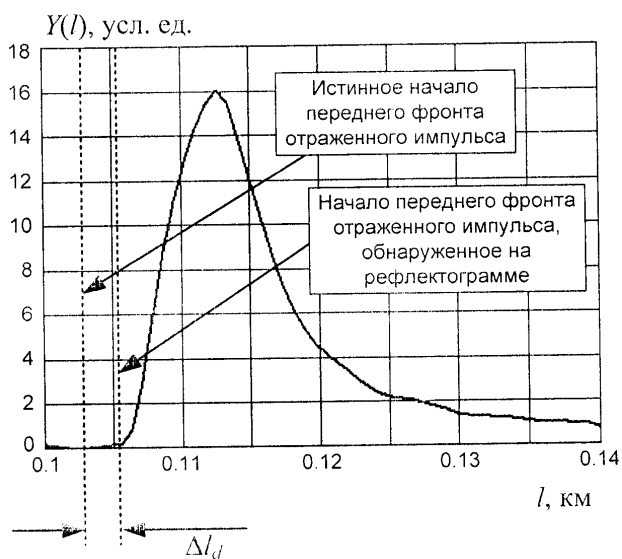
где τ_z - удельное время задержки сигнала, τ_0 - конструктивная постоянная двухпроводной линии, t_p - длительность зондирующего импульса, $Q=1.371$ - коэффициент аппроксимации.

1

Способ определения расстояния до
неоднородности или повреждения
двухпроводной линии по ее
рефлектограмме



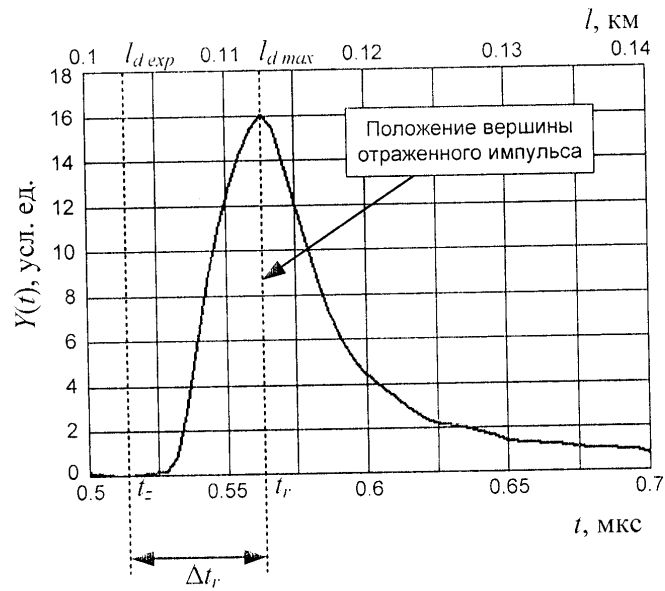
Фиг. 1



Фиг. 2

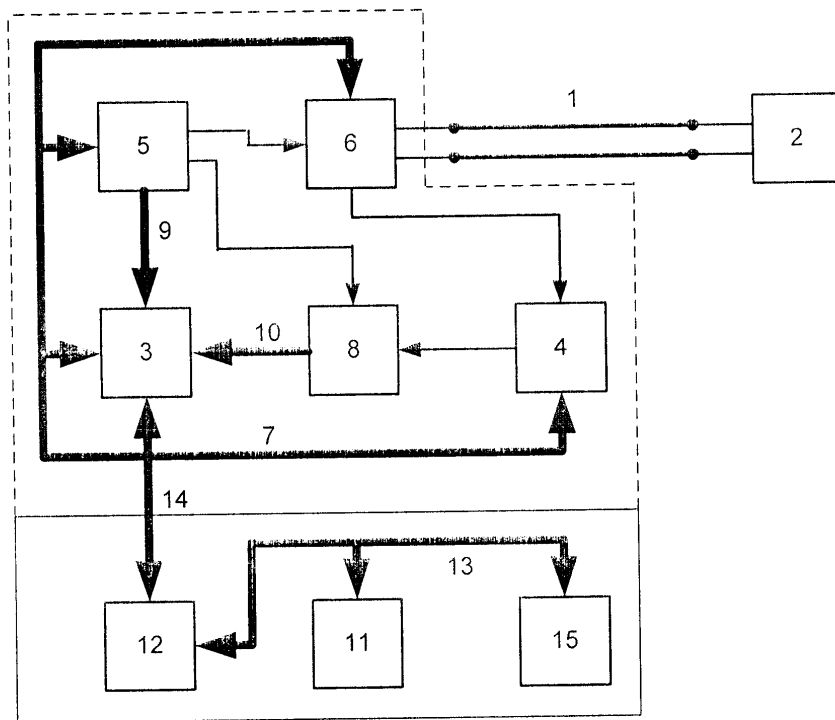
2

Способ определения расстояния до
неоднородности или повреждения
двухпроводной линии по ее
рефлектограмме

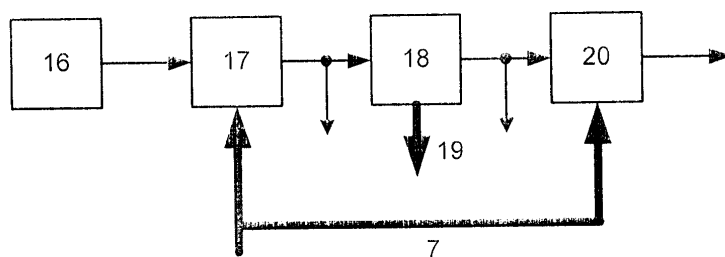


Фиг. 3

Способ определения расстояния до
неоднородности или повреждения
двухпроводной линии по ее
рефлектограмме

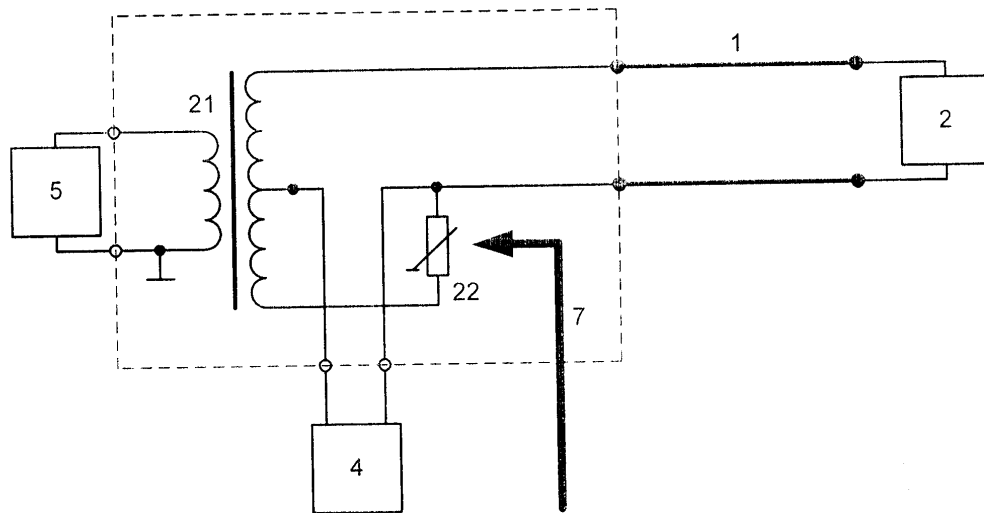


Фиг. 4



Фиг. 5

Способ определения расстояния до
неоднородности или повреждения
двухпроводной линии по ее
рефлектограмме



Фиг. 6