



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01B 7/06 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017114319, 24.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.04.2017

Дата регистрации:
25.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.04.2017

(45) Опубликовано: 25.07.2018 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Смирнов Геннадий Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2085831 C1, 27.07.1997. RU
2506602 C1, 10.02. 2014. SU 1404803 A1,
23.06.1988. SU 396539 A1, 29.08.1973. JP
0003229170 A, 11.10.1991.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ МИКРОПРОВОДА

(57) Реферат:

Изобретение относится к информационно-измерительной технике и автоматике, в частности к устройствам контроля толщины изоляции проводов. Новым является то, что в устройство для контроля толщины изоляции микропровода, содержащее емкостный датчик, с отверстиями для пропускания через них микропровода в процессе измерения, и подключенный к датчику измерительный блок, при этом электрод емкостного датчика выполнен в виде полого цилиндра, в торцах которого выполнены цилиндрические проточки, в которые введены уплотняющие сальники, прижатые крепежными деталями к торцам цилиндра при помощи фланцев, в центральной части которых выполнено сквозное отверстие, во внутреннюю полость цилиндра залита вода или электролит, в измерительный блок введен двухчастотный генератор, измерительный усилитель, синхронный детектор, аналого-цифровой преобразователь, преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, блок сопряжения, блок вычислительный и блок

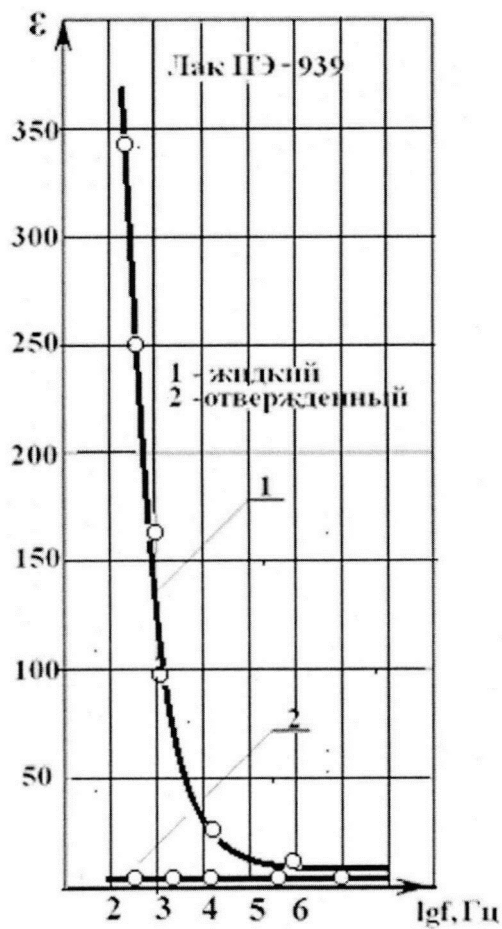
управления, причем к первому выходу генератора подключен электрод емкостной ячейки, а контролируемый провод, служащий вторым электродом ячейки, соединен с входом измерительного усилителя, второй выход генератора соединен с управляющим входом синхронного детектора, измерительный усилитель соединен с входом синхронного детектора, выход которого соединен с аналого-цифровым преобразователем, выход аналого-цифрового преобразователя подключен к преобразователю двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, выход преобразователя соединен с блоком сопряжения, выход которого соединен с входом блока управления, информационный выход блока сопряжения соединен с входом вычислительного блока, выходы блока управления подключены к входу генератора и второму входу аналого-цифрового преобразователя соответственно. Техническим результатом при реализации заявленного решения является повышение информативности и точности контроля.

RU 2 662 249 C1

RU 2 662 249 C1

Погрешность измерения толщины изоляции провода при помощи устройства-прототипа зависит от степени отверждения указанной изоляции и может достигать 100% и более. Кроме того, устройство-прототип имеет низкую информативность, так как не позволяет определить степень отверждения изоляции, тогда

как заявляемое устройство позволяет это сделать. Кроме того, рабочей средой емкостного датчика в заявляемом устройстве является вода или электролит, который безопасен для персонала, тогда как в устройстве-прототипе рабочей средой является чрезвычайно опасная для людей - ртуть. 4 ил.



Фиг. 1

RU 2662249 C1

RU 2662249 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01B 7/06 (2006.01)

(21)(22) Application: **2017114319, 24.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
24.04.2017

Registration date:
25.07.2018

Priority:

(22) Date of filing: **24.04.2017**

(45) Date of publication: **25.07.2018** Bull. № 21

Mail address:

634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR, patentno-informatsionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Smirnov Gennadij Vasilevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj universitet sistem upravleniya i radioelektroniki" (TUSUR) (RU)

(54) **DEVICE FOR CONTROLLING THE MICROWIRE INSULATION THICKNESS**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

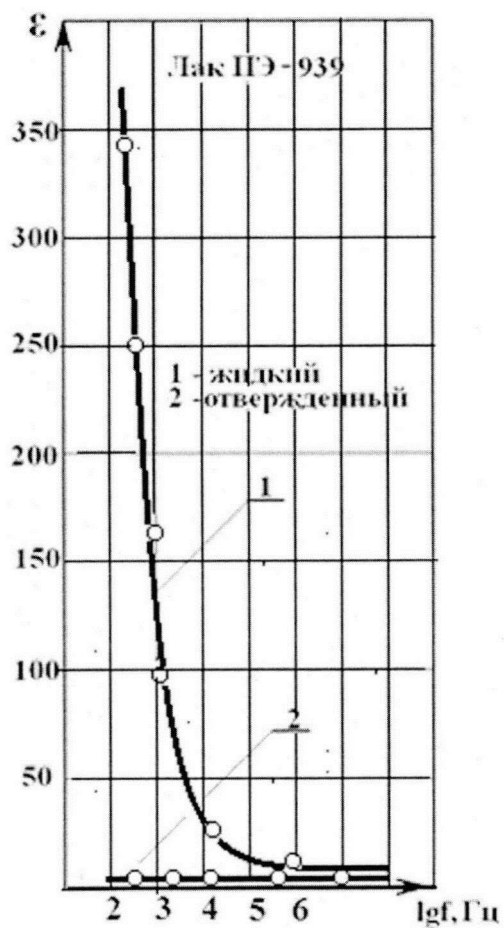
SUBSTANCE: invention relates to information and measurement technology and automation, in particular to devices for monitoring the insulation thickness of wires. New is that a device for monitoring the thickness of the insulation of a microwire containing a capacitive sensor with holes for passing a microwire through them during the measurement, and a measuring unit connected to the sensor, and the capacitive sensor electrode is made in the form of a hollow cylinder with cylindrical grooves at its ends, where sealing glands are inserted pressed by fastening parts to the ends of the cylinder by means of flanges in their central part a through hole is made, water or electrolyte is flooded into the internal cavity of the cylinder, a two-frequency generator, a measuring amplifier, a synchronous detector, an analog-to-digital converter, binary code converter into a binary-decimal serial-parallel code, a conjugation unit, a computing unit and a control unit, with a capacitive-cell electrode connected to the first output of the generator, and the monitored wire serving as the second cell electrode is connected to the input of the measuring amplifier, the second output of the generator is connected to the control input of the

synchronous detector, measuring amplifier is connected to the input of a synchronous detector which output is connected to an analog-to-digital converter, output of the analog-to-digital converter is connected to the binary code converter into a binary-decimal serial-parallel code, the output of the converter is connected to the interface unit whose output is connected to the input of the control unit, informational output of the interface unit is connected to the input of the computing unit, the outputs of the control unit are connected to the input of the generator and the second input of the analog-to-digital converter, respectively. Error in measuring the thickness of the wire insulation with a prototype device depends on the degree of curing of the insulation and can reach 100 % and more. In addition, the prototype device has low information content, since it does not allow to determine the degree of curing of insulation, whereas the claimed device allows it to be done. In addition, the working environment of the capacitive sensor in the claimed device is water or electrolyte, that is safe for the personnel, whereas in the prototype device the working medium is extremely dangerous for humans – mercury.

EFFECT: technical result in the implementation of

the claimed solution is to increase the information contents and accuracy of control.

1 cl, 4 dwg



Фиг. 1

RU 2662249 C1

RU 2662249 C1

Изобретение относится к информационно-измерительной технике и автоматике, в частности к устройствам контроля толщины изоляции проводов.

Известно устройство для бесконтактного контроля диаметра провода, в котором применен принцип измерения толщины провода косвенным методом посредством преобразования величины емкости конденсатора, между обкладками которого размещен провод, в электрический сигнал отсчета. Устройство содержит генератор переменного напряжения, компаратор токов, емкостный преобразователь с основным и дополнительными электродами и индикатор [1].

Недостатком данного устройства является невозможность с его помощью определять толщину изоляции эмалированного провода.

Известен также высокочастотный емкостный датчик для контроля толщины, содержащий измерительный конденсатор и катушку индуктивности с экранным корпусом. Экранный корпус катушки индуктивности выполнен со щелевым вырезом на уровне верхнего торца катушки. Один из электродов конденсатора установлен на верхнем торце катушки, а вторым электродом является экранный корпус. Провод размещается в щелевом вырезе между электродами конденсатора [2].

Указанный датчик регистрирует изменение толщины изоляционного слоя на проводе, но при этом не обеспечивает высокой точности измерения из-за наличия поперечной вибрации движущегося провода по отношению к электродам измерительного конденсатора.

Известно устройство для контроля толщины изоляции провода, содержащее емкостный датчик, выполненный в виде двух последовательно расположенных цилиндров с отверстиями для пропуска через них провода в процессе измерения, и подключенный к датчику измерительный блок [3].

Известное устройство характеризуется также ограниченной точностью измерения толщины изоляции.

Известно также устройство [4], содержащее емкостный датчик, выполненный в виде двух последовательно расположенных цилиндров с отверстиями для пропуска через них микропровода в процессе измерения, и подключенный к датчику измерительный блок, при этом измерительный блок снабжен преобразователем тока емкостного датчика в напряжение, а цилиндры выполнены в виде заполненных ртутью сосудов, снабженных контактирующими с ртутью выводами, при этом отверстия датчика для пропуска через них микропровода выполнены в виде капиллярных прорезей в стенках сосудов ниже уровня ртути, а преобразователь тока емкостного датчика в напряжение выполнен в виде термопреобразователя.

Недостатком устройства-прототипа является низкая точность контроля, обусловленная тем, что устройство не позволяет определить степень отверждения изоляции провода. Емкостным датчиком при отсутствии контроля степени отверждения изоляции провода невозможно с достаточной точностью определить толщину изоляции провода, так как величина емкости изолированного провода, измеренная при помощи емкостной ячейки, зависит не только от толщины изоляции провода, но и от диэлектрической проницаемости изоляционного покрытия, которая в значительной мере определяется степенью его отверждения.

Кроме того, используемая в прототипе емкостная ячейка, заполненная ртутью, при контроле толщины провода не изолирована от внешней среды, и пары ртути оказывают опасное влияние на обслуживающий персонал. Кроме того, ртуть перед каждым контролем необходимо заливать в прорези ячейки, а по завершении контроля ее нужно удалять из ячейки, что усложняет контроль.

Техническая задача, на которую направлено настоящее изобретение, состоит в повышении информативности и точности контроля.

Поставленная задача решается тем, что в устройство для контроля толщины изоляции микропровода, содержащее емкостный датчик, с отверстиями для пропускания через них микропровода в процессе измерения, и подключенный к датчику измерительный блок, при этом электрод емкостного датчика выполнен в виде полого цилиндра, в торцах которого выполнены цилиндрические проточки, в которые введены уплотняющие сальники, прижатые крепежными деталями к торцам цилиндра при помощи фланцев, в центральной части которых выполнено сквозное отверстие, во внутреннюю полость цилиндра залита вода или электролит, в измерительный блок введен двухчастотный генератор, измерительный усилитель, синхронный детектор, аналого-цифровой преобразователь, преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, блок сопряжения, блок вычислительный и блок управления, причем к первому выходу генератора подключен электрод емкостной ячейки, а контролируемый провод, служащий вторым электродом ячейки, соединен с входом измерительного усилителя, второй выход генератора соединен с управляющим входом синхронного детектора, измерительный усилитель соединен с входом синхронного детектора, выход которого соединен с аналого-цифровым преобразователем, выход аналого-цифрового преобразователя подключен к преобразователю двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, выход преобразователя соединен с блоком сопряжения, выход которого соединен с входом блока управления, информационный выход блока сопряжения соединен с входом вычислительного блока, выходы блока управления подключены к входу генератора и второму входу аналого-цифрового преобразователя соответственно.

На фиг. 1 приведены графики зависимости диэлектрической проницаемости изоляции провода от частоты электромагнитного поля, выполненной из эмалировочного лака ПЭ-939 в не отвержденном (кривая 1) и отвержденном (кривая 2) состоянии. На фиг. 2 изображен емкостной датчик, на фиг. 3 приведена функциональная схема заявляемого устройства, а на фиг. 4 - эпюры, поясняющие принцип его работы. Фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3 служат для пояснения сущности изобретения.

Сущность изобретения заключается в следующем. Наиболее распространенный способ для изготовления эмалированных проводов содержит узел предварительного подвода тепла к проволоке, емкости с пленкообразующим веществом, узел нанесения эмалевой изоляции на провод, выполненный в виде калибров, и узел подвода тепла к проволоке с нанесенным пленкообразующим веществом. При этом емкости с пленкообразующим веществом расположены попарно между узлами подвода тепла к проволоке на расстоянии друг от друга, равном 25-30% длины узлов подвода тепла к проволоке с пленкообразующим веществом.

Производительность процесса зависит от скорости движения провода при эмалировании. Чем меньше скорость движения провода, тем ниже производительность процесса. Стремление к повышению производительности процесса, при фиксированном значении температуры запечки изоляционного слоя, связано со стремлением к повышению скорости движения провода при эмалировании. Однако получить качественную эмалевую изоляцию провода, обеспечивающую нормативные показатели по электрической прочности, влагостойкости, эластичности и т.д., можно лишь в некотором узком диапазоне скоростей движения провода при эмалировании, ограниченном некоторой предельно допустимой скоростью V . При увеличении скорости движения провода за предел V происходит резкое ухудшение всех перечисленных

качественных показателей изоляции, за счет того, что она не успевает полностью отвердиться (полимеризоваться). При увеличении скорости эмалирования за предел V необходимо увеличивать температуру запечки. Но так как потери тепла на излучение пропорциональны температуре в четвертой степени, то увеличение температуры запечки 5 ведет к снижению КПД и повышению энергозатрат на изготовление единицы длины провода. Кроме этого, увеличить температуру запечки можно лишь до некоторого порогового уровня, определяемого типом используемого эмалировочного лака и конструкцией эмальагрегата. За пределами этого значения происходит снижение качества изоляции и велика вероятность выхода из строя эмальагрегата. Поэтому для 10 обеспечения оптимальных режимов, выбранных из компромисса между производительностью и энергозатратами, требуется осуществлять непрерывный контроль степени отвержения эмалевого изоляции.

Возможность создания упомянутого выше непрерывного контроля степени отвержения эмалевого изоляции демонстрирует фиг. 1. Частотные зависимости 15 диэлектрической проницаемости различных эмалировочных лаков снимались нами на ячейке, изготовленной по ГОСТ 6581-75 (СТ СЭВ 3166-81; СТ СЭВ 4130-83; стандарт МЭК 250). Эта ячейка представляет собой плоский конденсатор цилиндрической формы с охранном электродом. Измерения производились следующим образом. На электродах неизменной поддерживалась величина разности потенциалов с помощью источника 20 электрического напряжения синусоидальной формы. На фиг. 1 представлены частотные зависимости диэлектрической проницаемости эмалировочного лака ПЭ-939 в не отвержденном (кривая 1) и отвержденном (график 2) состоянии. Из графиков 1 и 2 на фиг. 1 следует, что частотная зависимость диэлектрической проницаемости эмалировочного лака ПЭ-939 в не отвержденном состоянии (график 1), в диапазоне 25 частот от 0,3 кГц до 100 кГц зависит от частоты, тогда как диэлектрическая проницаемость того же лака в отвержденном состоянии, в этом же диапазоне не зависит от частоты, а имеет постоянное значение.

При этом, если в процессе эмалирования жилу провода заземлить, пропустить провод с нанесенной эмалью через емкостной датчик, на который подавать от генератора 30 поочередно две частоты электромагнитного поля, лежащие в диапазоне от 0,5 до 100 кГц, и на указанных двух частотах производить чередующиеся измерения емкости провода относительно емкостного датчика, то о степени отверждения можно судить по отношению $K=C_1(f_1)/C_2(f_2)$, при этом изоляцию считать отвержденной при 35 достижении величиной K значения, равного 1. Равенство $K=1$ свидетельствует о том, что изоляция провода высохла и диэлектрическая проницаемость ϵ этой изоляции равняется заранее измеренной диэлектрической проницаемости $\epsilon=4,3$ сухого лака ПЭ-939. После установления факта 100% высушенности (полимеризации) изоляции можно вычислить толщину изоляции провода, используя известную формулу для цилиндрического конденсатора.

40 Пример конкретного выполнения.

На фиг. 2 изображен емкостной датчик.

Электрод емкостного датчика выполнен в виде полого цилиндра 3, в торцах 5 которого выполнены цилиндрические проточки, в которые введены уплотняющие сальники 6, прижатые крепежными деталями 8 к торцам цилиндра при помощи фланцев 7, в центральной части которых выполнено сквозное отверстие, через которое 45 протягивается контролируемый провод 11, во внутреннюю полость цилиндра через кран 9 заливают воду или электролит. Выбор в качестве рабочей среды емкостного датчика в виде воды обусловлен тем, что вода имеет диэлектрическую проницаемость,

равную $\epsilon=81$, что многократно превышает диэлектрическую проницаемость сухой изоляции провода. Диэлектрическая проницаемость электролита существенно выше диэлектрической проницаемости воды. Высокое значение диэлектрической

5 проницаемости рабочей среды емкостной ячейки выбрано из следующих соображений. Емкостной датчик при контроле провода представляет собой двухслойный цилиндрический конденсатор, емкость которого можно представить в виде последовательно соединенных цилиндрических емкостей: емкости между внутренним цилиндром электрода датчика и поверхностью изоляции провода и емкости цилиндрической изоляции провода. Так как диэлектрическая проницаемость первой

10 емкости много больше диэлектрической проницаемости второй емкости, то, поскольку эти емкости соединены последовательно, первой емкостью можно пренебречь. Поэтому, измеряя емкость ячейки, мы фактически измеряем емкость цилиндрического конденсатора, одной обкладкой которого является поверхность изоляции микропровода, а другой обкладкой служит жила провода. Использование в качестве рабочей среды

15 воды или электролита позволяет исключить вредное воздействие на человека ртути, а кран 9 позволяет наливать воду или электролит в емкостной датчик в начале или в конце операции контроля. Для контроля изоляции провода диаметром 0,06 мм был выполнен датчик, электрод которого был выполнен в виде полого цилиндра из нержавеющей стали. Внешний диаметр цилиндра был равен 200 мм, а внутренний

20 диаметр был равен 0,1 мм. Длина электрода $L=0,1$. В торцах 4 цилиндра были выточены проточки 5, в которые были вставлены резиновые сальники 6. Степень сжатия сальников 6 изменялась силой прижатия к торцу цилиндра фланцев 7 с помощью крепежных деталей 8. При этом добивались, чтобы сальники 6 плотно обжимали контролируемый провод 11. Перед контролем в полость цилиндрического электрода датчика заливалась

25 через кран 9 водопроводная вода, которая, как правило, представляет собой электролит, имеющий диэлектрическую проницаемость более 81. Емкостной датчик был закреплен на подставке 10.

На фиг. 3 приведена функциональная электрическая схема устройства контроля

толщины изоляции микропровода. Устройство для определения толщины изоляции

30 микропровода (фиг. 3) содержит двухчастотный генератор 12, измерительный усилитель 13, синхронный детектор 14, аналого-цифровой преобразователь 15, преобразователь 16 двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, блок 17 сопряжения, блок 18 вычислительный и блок 19 управления. К первому выходу генератора 12 подключена емкостная ячейка C_x , а жила контролируемого провода

35 соединена с входом измерительного усилителя 13. Второй выход генератора 12 соединен с управляющим входом синхронного детектора 14. Измерительный усилитель 13 соединен с входом синхронного детектора 14, выход которого соединен с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) 15. Выход АЦП подключен к преобразователю 16 двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код. Выход

40 преобразователя 16 соединен с блоком 17 сопряжения, выход которого соединен с входом блока 19 управления. Информационный выход блока 17 сопряжения соединен с входом вычислительного блока 18. Выходы блока 19 управления подключены к входу генератора 12 и второму входу аналого-цифрового преобразователя 15 соответственно.

Устройство работает следующим образом. Нажимают кнопку «Пуск» и напряжение

45 треугольной формы с частотой, лежащей низкочастотной, например 500 Гц (фиг. 4, эпюра а), формируемое двухчастотным генератором 12, поступает через емкость ячейки C_x на усилитель 13 тока, где напряжение в результате дифференцирования приобретает форму прямоугольного импульса с амплитудой, пропорциональной емкости C_x (фиг.

4, эпюра б), и далее через синхронный детектор 14 поступает на АЦП 15, где происходит преобразование напряжения в двоичный параллельный код, поступающий на вход преобразователя 16, в котором осуществляется преобразование двоичного кода в двоично-десятичный последовательно- параллельный код, который, в свою очередь, преобразуется в последовательный десятичный код в блоке 17 сопряжения и вводится в память вычислительного блока 18.

По окончании ввода блок сопряжения вырабатывает сигнал «Конец ввода» («КВ») (фиг. 4, эпюра в), который поступает в блок 19 управления, где формируются два сигнала (фиг. 4, эпюры г и д), разрешающие повторное измерение C_x на частоте, лежащей в более высокой частотной области; например 100 кГц, и запись в память. По результату измерений C_1 и C_2 , введенных в память вычислительного блока 18, автоматически вычисляется не только степень отверждения изоляции, но и толщина изоляции провода.

При помощи заявляемого устройства измерялась толщина изоляции провода диаметром 0,06 мм. Длина L горизонтального цилиндра емкостной ячейки была равна $L=0,1$ м. Провод протягивали через емкостную ячейку и измеряли емкости ячейки с проводом на частотах 500 Гц и 100 кГц. При равенстве указанных емкостей, измеренных на указанных частотах, вычисляли толщину изоляции провода, она оказалась равной 0,015 мм.

Погрешность измерения толщины изоляции провода при помощи устройства-прототипа зависит от степени отверждения указанной изоляции и может достигать 100% и более. Кроме того, устройство-прототип имеет низкую информативность, так как не позволяет определить степень отверждения изоляции, тогда как заявляемое устройство позволяет это сделать. Кроме того, рабочей средой емкостного датчика в заявляемом устройстве является вода или электролит, который безопасен для персонала, тогда как в устройстве-прототипе рабочей средой является чрезвычайно опасная для людей - ртуть.

Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР » 575469, кл. G01B 7/08, 1973.
2. Авторское свидетельство СССР №279060, кл. G01B 7/08, 1979.
3. Авторское свидетельство СССР К 371414, кл « G01B 7/08, 1973
4. Авторское свидетельство СССР №868331, кл. G01B 7/06, G01B 7/08, опубл. 30.09.81. Бюл. №36 (прототип).

(57) Формула изобретения

Устройство для контроля толщины изоляции микропровода, содержащее емкостный датчик, с отверстиями для пропускания через них микропровода в процессе измерения, и подключенный к датчику измерительный блок, отличающийся тем, что при этом электрод емкостного датчика выполнен в виде полого цилиндра, в торцах которого выполнены цилиндрические проточки, в которые введены уплотняющие сальники, прижатые крепежными деталями к торцам цилиндра при помощи фланцев, в центральной части которых выполнено сквозное отверстие, во внутреннюю полость цилиндра залита вода или электролит, в измерительный блок введен двухчастотный генератор, измерительный усилитель, синхронный детектор, аналого-цифровой преобразователь, преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, блок сопряжения, блок вычислительный и блок управления, причем к первому выходу генератора подключен электрод емкостной ячейки, а контролируемый провод, служащий вторым электродом ячейки, соединен с входом измерительного усилителя, второй выход генератора соединен с управляющим входом синхронного детектора,

измерительный усилитель соединен с входом синхронного детектора, выход которого соединен с аналого-цифровым преобразователем, выход аналого-цифрового преобразователя подключен к преобразователю двоичного кода в двоично-десятичный последовательно-параллельный код, выход преобразователя соединен с блоком сопряжения, выход которого соединен с входом блока управления, информационный выход блока сопряжения соединен с входом вычислительного блока, выходы блока управления подключены к входу генератора и второму входу аналого-цифрового преобразователя соответственно.

10

15

20

25

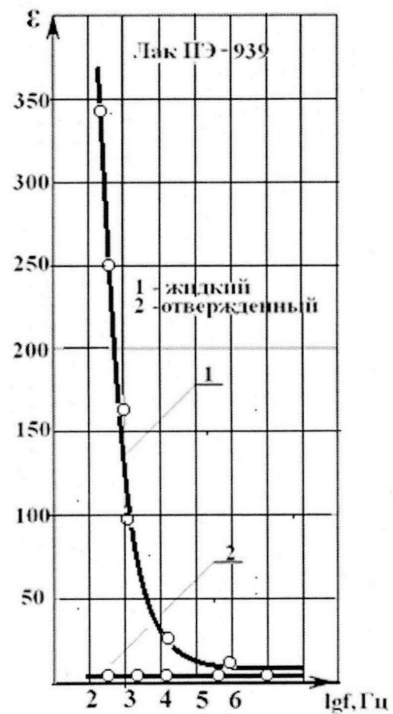
30

35

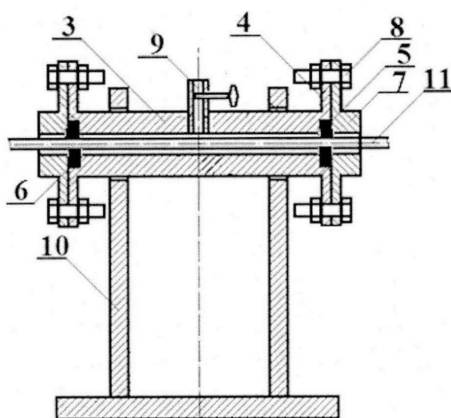
40

45

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ МИКРОПРОВОДА



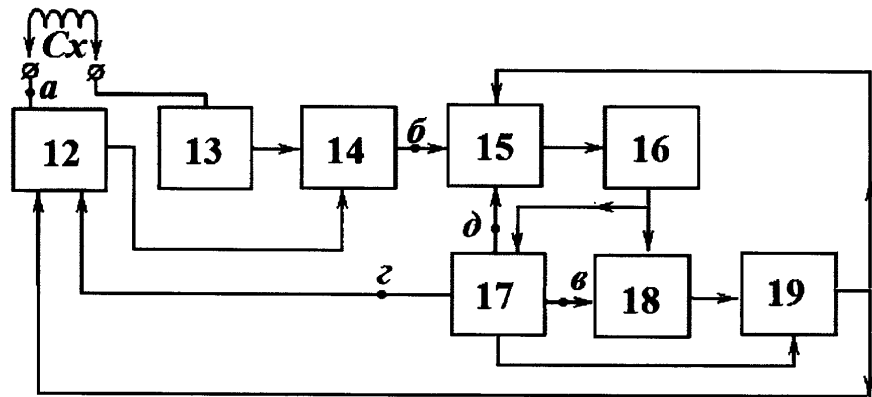
Фиг. 1



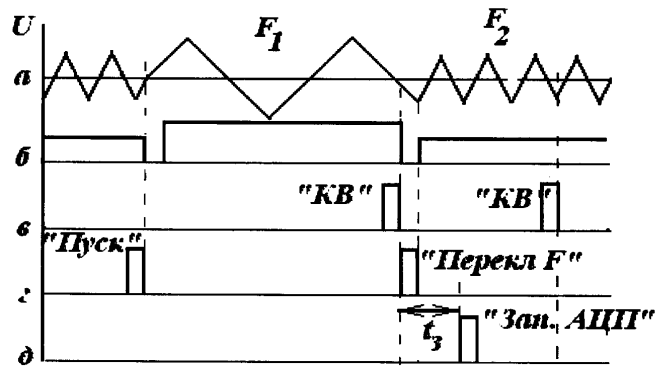
Фиг. 2

Автор: Смирнов Г.В.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ИЗОЛЯЦИИ МИКРОПРОВОДА



Фиг. 3



Фиг. 4

Автор: Смирнов Г.В.