



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2005109493/22**, **01.04.2005**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.04.2005(45) Опубликовано: **10.12.2005**

Адрес для переписки:
**424000, г.Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3,
МарГТУ, отдел интеллектуальной
собственности**

(72) Автор(ы):

**Митрофанов Г.А. (RU),
Комаров А.Н. (RU),
Столяров А.И. (RU),
Поляков И.Н. (RU)**

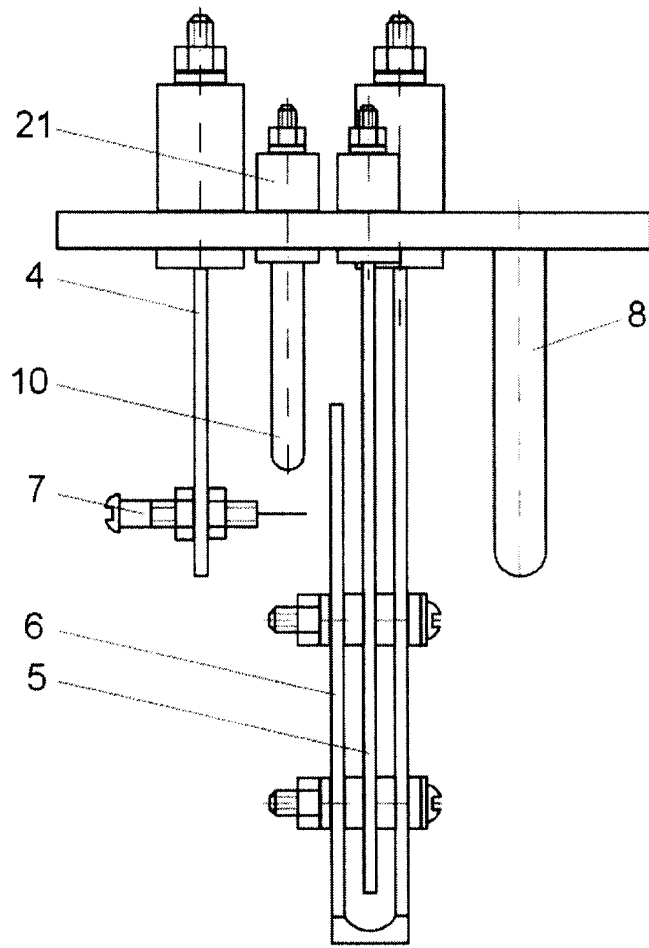
(73) Патентообладатель(и):

**Марийский государственный технический
университет (RU)**

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Формула полезной модели

Устройство для контроля жидких диэлектриков, содержащее основание, к которому с помощью выводов прикреплена электродная система, включающая измерительный электрод, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень, карман для термометра, вентиль для выпуска воздуха, причем первый вывод соединен с измерительной пластиной, второй вывод - с пластинами высоковольтного электрода, а третий вывод - с электродным стержнем, зазоры между пластинами, а также стержнем и пластиной устанавливаются с помощью соответствующих изоляционных прокладок, винтов и гаек, выводы соединены с проходными изоляторами, к которым подключена измерительная схема, отличающаяся тем, что в него дополнительно введен карман для антенны, антенна, приемник импульсных электромагнитных полей, включающий широкополосный усилитель, выход которого соединен с пиковым детектором, выход которого связан с фильтром низких частот, выход которого соединен с первым входом компаратора, выход цифроаналогового преобразователя соединен со вторым входом порогового устройства, выход которого соединен с входом формирователя, выход которого соединен с счетчиком, антенна соединена с приемником электромагнитных полей с помощью проходного изолятора.



Полезная модель относится к электроизмерительной технике и может быть использована для контроля показателей жидких диэлектриков, например трансформаторного масла.

5 Существующие устройства (а.с. 572697, СССР кл. G 01 N 27/06 //G 01 R 27/22, 1977) не обеспечивают оперативного контроля из-за невозможности измерения показателей изолирующих жидкостей в составе маслонаполненных трансформаторов.

10 Известно устройство контроля изолирующих жидкостей (а.с. 1774285, кл. G 01 R 27/22, 1990), содержащее основание, на котором установлена электродная система, включающая измерительный электрод, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень и вентиль для выпуска воздуха, а также выводы для соединения с измерительной схемой.

15 Недостатком данного устройства является невозможность измерения интенсивности возникновения частичных разрядов (ЧР) и контроля степени электрического старения жидких диэлектриков.

20 Предполагаемый технический результат полезной модели, состоящий в повышении надежности работы силовых маслонаполненных трансформаторов, достигается тем, что обеспечивается оперативность контроля состояния жидких диэлектриков.

25 В предлагаемой полезной модели в устройство для контроля жидких диэлектриков, содержащее основание, к которому с помощью выводов прикреплена электродная система, включающая измерительный электрод, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень, карман для термометра, вентиль для выпуска воздуха, причем первый вывод соединен с измерительной пластиной, второй вывод - с пластинами высоковольтного электрода, а третий вывод - с электродным стержнем, зазоры между пластинами, а также стержнем и пластиной устанавливаются с помощью соответствующих
30 изоляционных прокладок, винтов и гаек, выводы соединены с проходными изоляторами, к которым подключена измерительная схема, дополнительно введен карман для антенны, антенна, приемник импульсных электромагнитных полей, включающий широкополосный усилитель, выход которого соединен с пиковым детектором, выход которого связан с фильтром низких частот, выход которого
35 соединен с первым входом порогового устройства, выход цифро-аналогового преобразователя соединен со вторым входом порогового устройства, выход которого соединен с входом формирователя, выход которого соединен с счетчиком, антенна соединена с приемником электромагнитных полей с помощью проходного изолятора.

40 Заявляемое устройство, благодаря введению кармана для антенны, антенны и приемника импульсных электромагнитных полей позволяет измерять интенсивность возникновения ЧР, тем самым расширить функциональные возможности.

Таким образом, заявляемое устройство отличается от известного новым свойством, обуславливающим получение положительного эффекта.

45 На фиг.1. представлена схема устройства для контроля жидких диэлектриков в фронтальной проекции, на фиг.2 - в профильной проекции, на фиг.3 - структурная схема приемника импульсных электромагнитных полей, на фиг.4 - пример установки устройства контроля в ветви регенерации масла силового трансформатора.

50 Заявляемое устройство содержит основание 1, к которому крепятся с помощью выводов 2-4 электродная система, включающая измерительный электрод 5, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод 6, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень 7, карман 8 для термометра, вентиль 9 для выпуска

воздуха, карман 10 для антенны, антенну 11, широкополосный усилитель 12, пиковый детектор 13, фильтр низких частот 14, усилитель 15, пороговое устройство 16, цифроаналоговый преобразователь 17, формирователь 18, счетчик 19, проходные изоляторы 20, 21, причем вывод 2 соединен с пластиной 5 измерительного электрода, вывод 3 - с пластинами 6 высоковольтного электрода, а вывод 4 - с электродным стержнем, зазоры между пластинами 5 и 6, а также стержнем 7 и пластиной 6 устанавливаются с помощью соответствующих изоляционных прокладок, винтов и гаек, выводы 2-4 соединены с проходными изоляторами 20 и 21, к которым подключается измерительная схема, антенна 11 соединена с широкополосным усилителем 12 с помощью проходного изолятора 21, выход широкополосного усилителя 12 соединен с пиковым детектором 13, выход которого связан с фильтром низких частот 14, выход которого связан с усилителем 15, выход которого соединен с первым входом порогового устройства 16, выход цифро-аналогового преобразователя 17 соединен со вторым входом порогового устройства 16, выход которого соединен с входом формирователя 18, выход которого соединен с счетчиком 19.

Устройство работает следующим образом. Электродная система, карман для термометра 8, карман для антенны 9 опускаются в контролируемую жидкость, которая заполняет зазор между пластинами 5, 6 и стержнем 7. В карман 8 вставляется термометр. Электродная система через проходные изоляторы 20, 21 подключается к измерительной схеме для контроля показателей контролируемой жидкости. При контроле пробивного напряжения используются выводы изоляторов 20, интенсивности возникновения частичных разрядов - вывод изолятора 21 (соединенного с антенной), остальных показателей - выводы изоляторов 20 (соединенного с выводом 3) и 21. В карман 10 вставляется антенна 11, электрический сигнал с антенны 11 через широкополосный усилитель 12 поступает на пиковый детектор 13, с выхода которого сигнал поступает на вход фильтра низких частот 14, отфильтрованный сигнал усиливается усилителем 15 и поступает

на первый вход порогового устройства 16, цифроаналоговый преобразователь 17 преобразует цифровой сигнал заданного порога обнаружения в аналоговый, сигнал с выхода цифроаналогового преобразователя поступает на второй вход порогового устройства 16, при превышении уровнем сигнала с первого входа уровня сигнала со второго входа на выходе порогового устройства возникает сигнал, поступающий на вход формирователя 18, формирователь при поступлении на вход сигнала вырабатывает импульс требуемой формы, который поступает на вход счетчика 19.

Устройство позволяет контролировать пробивное напряжение, тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическую проницаемость, удельное сопротивление, электропроводность и интенсивность возникновения ЧР жидких диэлектриков.

Пробивное напряжение U (кВ) определяется как среднеарифметическое по результатам шести измерений.

Тангенс угла диэлектрических потерь определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{C_1}{C_1 - C_{\Pi}} \left(\operatorname{tg} \delta_1 - \frac{C_0}{C_1} \operatorname{tg} \delta_0 \right),$$

где C_1 , $\operatorname{tg} \delta_1$ - соответственно емкость и тангенс угла диэлектрических потерь при заполнении межэлектродного зазора устройства контролируемой жидкостью;

C_0 , $\operatorname{tg} \delta_0$ - соответственно емкость и тангенс угла диэлектрических потерь при заполнении межэлектродного пространства воздухом;

C_{Π} - паразитная емкость устройства, обусловленная наличием

изоляционных конструкций, емкости проводов и т.д.

$$C_{II} = \frac{C_0 \varepsilon_K - C_K}{\varepsilon_K - 1},$$

где C_K - емкость при заполнении межэлектродного зазора устройства жидким диэлектриком с известным значением ε_K .

Относительная диэлектрическая проницаемость определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{C_1 - C_{II}}{C_0 - C_{II}}$$

Удельное объемное электрическое сопротивление ρ_V (Ом*м) определяется выражением

$$\rho_V = 0,113 C_0 R_V 10^{12}$$

где R_V - измеренное значение объемного электрического сопротивления. Удельная электропроводность δ (Ом⁻¹*м⁻¹)

$$\delta = \frac{1}{\rho_V} = \frac{d}{R_V \cdot S},$$

где

d - зазор между пластинами электродной системы;

S - площадь перекрытия пластин электродной системы.

Для исключения взаимодействия электродов 5, 6 и изоляционных прокладок с контролируемой жидкостью пластины 5, 6 изготовлены, например, из нержавеющей стали 12 X 18 Н 9 Т, а изоляционные прокладки - из фторопласта - 4.

Для измерения температуры контролируемой жидкости используется термометр, устанавливаемый в кармане 8.

Вентиль 9 представляет собой винт с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями, при выкручивании которого выпускается воздух, например, при установке устройства контроля в маслonaполненном электроаппарате.

Использование электродной системы стержень-плоскость для измерения пробивного напряжения позволяет значительно снизить значение U, что позволяет использовать предложенное устройство для контроля электрической прочности, например, трансформаторного масла и интенсивности возникновения частичных разрядов непосредственно в составе работающих электроаппаратов.

Применение пикового детектора, при времени детектирования $\Delta T \gg 1/\lambda$, где λ - интенсивность ЧР, позволяет эффективно обнаруживать их, т.к. импульсы излучения ЧР имеют значительную скважность, поэтому сигнал пропорциональный усредненной на интервале ΔT амплитуде, много меньше максимальной амплитуды:

$$\frac{1}{\Delta T} \int_t^{t+\Delta T} U(t) dt \ll U_{\max}(t).$$

Для реализации в полной мере преимуществ пиковой обработки излучения ЧР используется непосредственное детектирование принимаемого сигнала, а не выходного отклика на него цепей измерительного устройства. Полоса пропускания широкополосного усилителя 150-1000 МГц, выбор нижней частоты зависит от геометрических размеров излучателей - электродной системы стержень-плоскость и спектра помех при измерениях, с ростом частоты спектральная плотность помех уменьшается, причем огибающая спектра излучения ЧР является более пологой, чем у мешающих излучений, верхняя частота определяется длительностью импульсов ЧР, оцениваемой единицами, десятками наносекунд.

В устройстве изоляторы 20 выполнены из фторопласта - 4, изоляторы 21 - типа ИКП-3.

5 Ветвь регенерации содержит бак 23 трансформатора, заполненный маслом, термосифонный фильтр 24 регенерации масла, вентили 25 для перекрытия поступления масла, фланцы 22 для установки устройства контроля, устройство контроля 26 (схема управления условно не показана), крышку 27 устройства контроля.

10 Таким образом, предлагаемое устройство позволяет использовать его для измерения основных электроизоляционных показателей жидких диэлектриков и контролировать степень электрического старения изоляции.

За счет обеспечения оперативности контроля состояния жидкой изоляции повышается надежность работы силовых трансформаторов, что повышает надежность снабжения электрической энергией потребителей.

15 (57) Реферат

Полезная модель относится к электроизмерительной технике и предназначено для контроля жидких диэлектриков. Устройство содержит основание, выводы, измерительный электрод, высоковольтный электрод, электрод-стержень, карман для 20 термометра, вентиль для выпуска воздуха, карман для антенны, антенну, широкополосный усилитель, пиковый детектор, фильтр низких частот, пороговое устройство, цифро-аналоговый преобразователь, формирователь, счетчик. Устройство позволяет расширить функциональные возможности.

РЕФЕРАТ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Полезная модель относится к электроизмерительной технике и предназначено для контроля жидких диэлектриков. Устройство содержит основание, выводы, измерительный электрод, высоковольтный электрод, электрод-стержень, карман для термометра, вентиль для выпуска воздуха, карман для антенны, антенну, широкополосный усилитель, пиковый детектор, фильтр низких частот, пороговое устройство, цифро-аналоговый преобразователь, формирователь, счетчик. Устройство позволяет расширить функциональные возможности.

2005109493

МКИ G 01 R 27/22

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Полезная модель относится к электроизмерительной технике и может быть использована для контроля показателей жидких диэлектриков, например трансформаторного масла.

Существующие устройства (а. с. 572697, СССР кл. G 01 N 27/06 // G 01 R 27 /22, 1977) не обеспечивают оперативного контроля из-за невозможности измерения показателей изолирующих жидкостей в составе маслонаполненных трансформаторов.

Известно устройство контроля изолирующих жидкостей (а. с. 1774285, кл. G 01 R 27/22, 1990), содержащее основание, на котором установлена электродная система, включающая измерительный электрод, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень и вентиль для выпуска воздуха, а также выводы для соединения с измерительной схемой.

Недостатком данного устройства является невозможность измерения интенсивности возникновения частичных разрядов (ЧР) и контроля степени электрического старения жидких диэлектриков.

Предполагаемый технический результат полезной модели, состоящий в повышении надежности работы силовых маслонаполненных трансформаторов, достигается тем, что обеспечивается оперативность контроля состояния жидких диэлектриков.

В предлагаемой полезной модели в устройство для контроля жидких диэлектриков, содержащее основание, к которому с помощью выводов прикреплена электродная система, включающая измерительный электрод, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень, карман для термометра, вентиль для выпуска воздуха, причем первый вывод соединен с измерительной пластиной, второй вывод – с пластинами высоковольтного электрода, а третий вывод – с электродным стержнем, зазоры между пластинами, а также стержнем и пластиной устанавливаются с помощью соответствующих изоляционных прокладок, винтов и гаек, выводы соединены с проходными изоляторами, к которым подключена измерительная схема, дополнительно введен карман для антенны, антенна, приемник импульсных электромагнитных полей, включающий широкополосный усилитель, выход которого соединен с пиковым детектором, выход которого связан с фильтром низких частот, выход которого соединен с первым входом порогового устройства, выход цифро-аналогового преобразователя соединен со вторым входом порогового устройства, выход которого соединен с входом формирователя, выход которого соединен с счетчиком, антенна соединена с приемником электромагнитных полей с помощью проходного изолятора.

Заявляемое устройство, благодаря введению кармана для антенны, антенны и приемника импульсных электромагнитных полей позволяет измерять интенсивность возникновения ЧР, тем самым расширить функциональные возможности.

Таким образом, заявляемое устройство отличается от известного новым свойством, обуславливающим получение положительного эффекта.

На фиг. 1. представлена схема устройства для контроля жидких диэлектриков в фронтальной проекции, на фиг. 2 – в профильной проекции, на фиг. 3 - структурная схема приемника импульсных электромагнитных полей, на фиг. 4 - пример установки устройства контроля в ветви регенерации масла силового трансформатора.

Заявляемое устройство содержит основание 1, к которому крепятся с помощью выводов 2 - 4 электродная система, включающая измерительный электрод 5, выполненный в виде пластины, высоковольтный электрод 6, выполненный в виде двух пластин, электрод-стержень 7, карман 8 для термометра, вентиль 9 для выпуска воздуха, карман 10 для антенны, антенну 11, широкополосный усилитель 12, пиковый детектор 13, фильтр низких частот 14, усилитель 15, пороговое устройство 16, цифроаналоговый преобразователь 17, формирователь 18, счетчик 19, проходные изоляторы 20, 21, причем вывод 2 соединен с пластиной 5 измерительного электрода, вывод 3 – с пластинами 6 высоковольтного электрода, а вывод 4 – с электродным стержнем, зазоры между пластинами 5 и 6, а также стержнем 7 и пластиной 6 устанавливаются с помощью соответствующих изоляционных прокладок, винтов и гаек, выводы 2 - 4 соединены с проходными изоляторами 20 и 21, к которым подключается измерительная схема, антенна 11 соединена с широкополосным усилителем 12 с помощью проходного изолятора 21, выход широкополосного усилителя 12 соединен с пиковым детектором 13, выход которого связан с фильтром низких частот 14, выход которого связан с усилителем 15, выход которого соединен с первым входом порогового устройства 16, выход цифро-аналогового преобразователя 17 соединен со вторым входом порогового устройства 16, выход которого соединен с входом формирователя 18, выход которого соединен с счетчиком 19.

Устройство работает следующим образом. Электродная система, карман для термометра 8, карман для антенны 9 опускаются в контролируемую жидкость, которая заполняет зазор между пластинами 5, 6 и стержнем 7. В карман 8 вставляется термометр. Электродная система через проходные изоляторы 20, 21 подключается к измерительной схеме для контроля показателей контролируемой жидкости. При контроле пробивного напряжения используются выводы изоляторов 20, интенсивности возникновения частичных разрядов – вывод изолятора 21 (соединенного с антенной), остальных показателей – выводы изоляторов 20 (соединенного с выводом 3) и 21. В карман 10 вставляется антенна 11, электрический сигнал с антенны 11 через широкополосный усилитель 12 поступает на пиковый детектор 13, с выхода которого сигнал поступает на вход фильтра низких частот 14, отфильтрованный сигнал усиливается усилителем 15 и поступает

на первый вход порогового устройства 16, цифроаналоговый преобразователь 17 преобразует цифровой сигнал заданного порога обнаружения в аналоговый, сигнал с выхода цифроаналогового преобразователя поступает на второй вход порогового устройства 16, при превышении уровнем сигнала с первого входа уровня сигнала со второго входа на выходе порогового устройства возникает сигнал, поступающий на вход формирователя 18, формирователь при поступлении на вход сигнала вырабатывает импульс требуемой формы, который поступает на вход счетчика 19.

Устройство позволяет контролировать пробивное напряжение, тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическую проницаемость, удельное сопротивление, электропроводность и интенсивность возникновения ЧР жидких диэлектриков.

Пробивное напряжение U (кВ) определяется как среднеарифметическое по результатам шести измерений.

Тангенс угла диэлектрических потерь определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{C_1}{C_1 - C_{\Pi}} (\operatorname{tg} \delta_1 - \frac{C_0}{C_1} \operatorname{tg} \delta_0),$$

где

$C_1, \operatorname{tg} \delta_1$ - соответственно емкость и тангенс угла диэлектрических потерь при заполнении межэлектродного зазора устройства контролируемой жидкостью;

$C_0, \operatorname{tg} \delta_0$ - соответственно емкость и тангенс угла диэлектрических потерь при заполнении межэлектродного пространства воздухом;

C_{Π} - паразитная емкость устройства, обусловленная наличием изоляционных конструкций, емкости проводов и т.д.

$$C_{\Pi} = \frac{C_0 \varepsilon_K - C_K}{\varepsilon_K - 1},$$

где

C_K - емкость при заполнении межэлектродного зазора устройства жидким диэлектриком с известным значением ε_K .

Относительная диэлектрическая проницаемость определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{C_1 - C_{\Pi}}{C_0 - C_{\Pi}}$$

Удельное объемное электрическое сопротивление ρ_V (Ом*м) определяется выражением

$$\rho_V = 0,113 C_0 R_V 10^{12}$$

где R_V - измеренное значение объемного электрического сопротивления.

Удельная электропроводность δ (Ом⁻¹*м⁻¹)

$$\delta = \frac{1}{\rho_V} = \frac{d}{R_V \cdot S},$$

где

d - зазор между пластинами электродной системы;
 S - площадь перекрытия пластин электродной системы.

Для исключения взаимодействия электродов 5, 6 и изоляционных прокладок с контролируемой жидкостью пластины 5, 6 изготовлены, например, из нержавеющей стали 12Х18Н9Т, а изоляционные прокладки – из фторопласта – 4.

Для измерения температуры контролируемой жидкости используется термометр, устанавливаемый в кармане 8.

Вентиль 9 представляет собой винт с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями, при выкручивании которого выпускается воздух, например, при установке устройства контроля в маслonaполненном электроаппарате.

Использование электродной системы стержень-плоскость для измерения пробивного напряжения позволяет значительно снизить значение U , что позволяет использовать предложенное устройство для контроля электрической прочности, например, трансформаторного масла и интенсивности возникновения частичных разрядов непосредственно в составе работающих электроаппаратов.

Применение пикового детектора, при времени детектирования $\Delta T \gg 1/\lambda$, где λ - интенсивность ЧР, позволяет эффективно обнаруживать их, т.к. импульсы излучения ЧР имеют значительную скважность, поэтому сигнал пропорциональный усредненной на интервале ΔT амплитуде, много меньше максимальной амплитуды:

$$\frac{1}{\Delta T} \int_t^{t+\Delta T} U(t) dt \ll U_{\max}(t).$$

Для реализации в полной мере преимуществ пиковой обработки излучения ЧР используется непосредственное детектирование принимаемого сигнала, а не выходного отклика на него цепей измерительного устройства. Полоса пропускания широкополосного усилителя 150-1000МГц, выбор нижней частоты зависит от геометрических размеров излучателей – электродной системы стержень-плоскость и спектра помех при измерениях, с ростом частоты спектральная плотность помех уменьшается, причем огибающая спектра излучения ЧР является более пологой, чем у мешающих излучений, верхняя частота определяется длительностью импульсов ЧР, оцениваемой единицами, десятками наносекунд.


В устройстве изоляторы 20 выполнены из фторопласта – 4, изоляторы 21 – типа ИКП-3.

Ветвь регенерации содержит бак 23 трансформатора, заполненный маслом, термосифонный фильтр 24 регенерации масла, вентили 25 для перекрытия поступления масла, фланцы 22 для установки устройства контроля, устройство контроля 26 (схема управления условно не показана), крышку 27 устройства контроля.

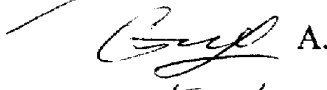
Таким образом, предлагаемое устройство позволяет использовать его для измерения основных электроизоляционных показателей жидких диэлектриков и контролировать степень электрического старения изоляции.

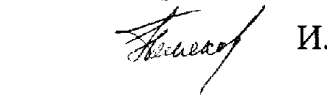
За счет обеспечения оперативности контроля состояния жидкой изоляции повышается надежность работы силовых трансформаторов, что повышает надежность снабжения электрической энергией потребителей.

Авторы:

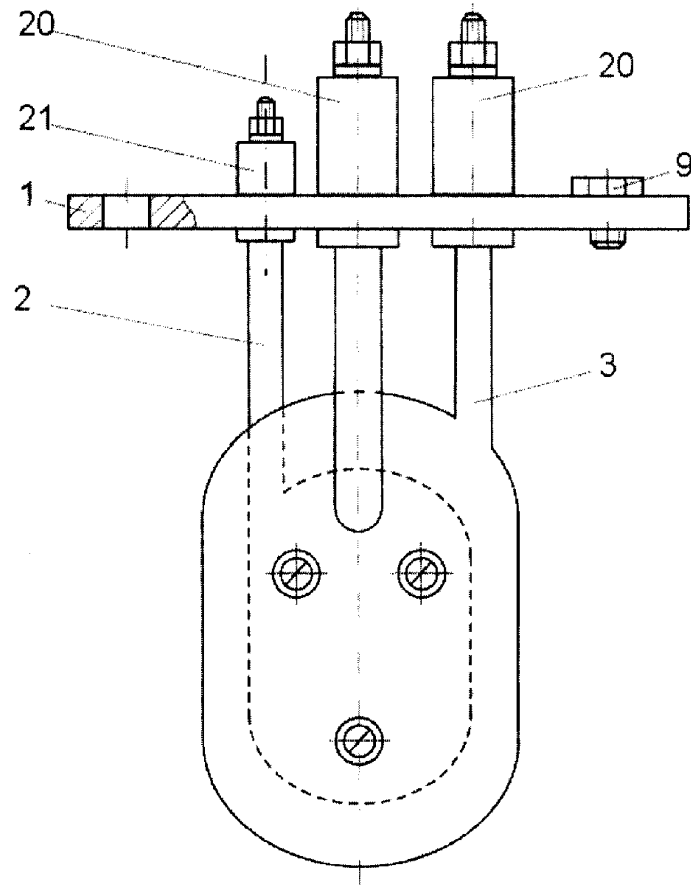
 Г. А. Митрофанов

 А. Н. Комаров

 А. И. Столяров

 И. Н. Поляков

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ



Фиг. 1

Авторы:

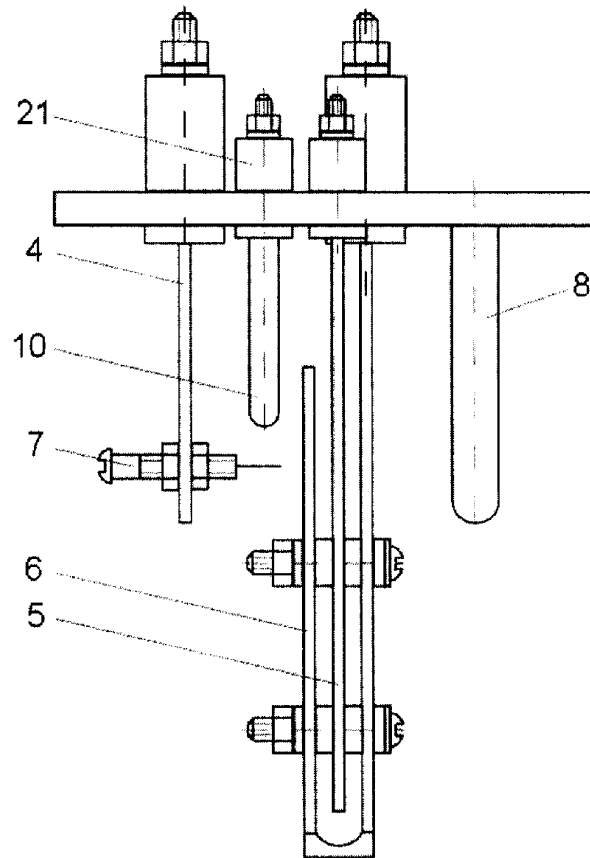
Г. А. Митрофанов

А.Н. Комаров

А. И. Столяров

И. Н. Поляков

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ



Фиг. 2

Авторы:

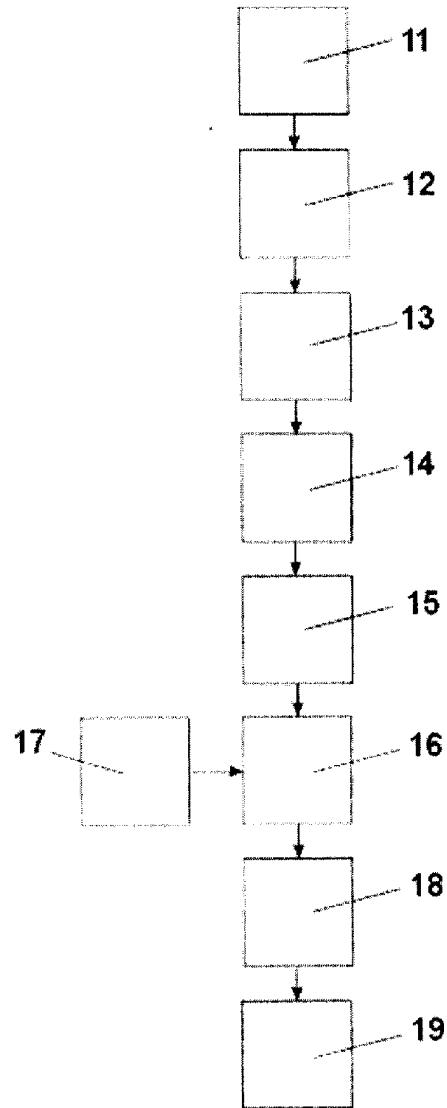
Г. А. Митрофанов

А.Н. Комаров

А. И. Столяров

И. Н. Поляков

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ



Фиг. 3

Авторы:

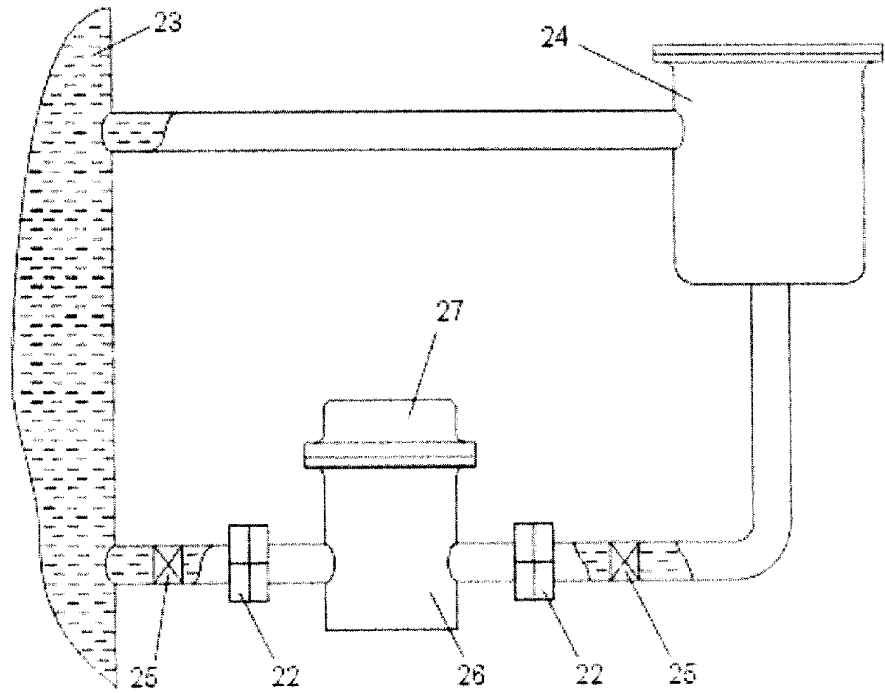
Г. А. Митрофанов

А.Н. Комаров

А. И. Столяров

И. Н. Поляков

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ



Фиг. 4

Авторы:

Г. А. Митрофанов

А.Н. Комаров

А. И. Столяров

И. Н. Поляков