



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 010 249** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>Е</sup> **G 01 R 29/12**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **4645066/21**, **01.02.1989**

(46) Опубликовано: **30.03.1994**

(71) Заявитель(и):

**Белорусский политехнический институт**

(72) Автор(ы):

**Сычик В.А.,  
Герасимов И.И.,  
Степанюк И.В.,  
Халымский А.Н.**

(73) Патентообладатель(ли):

**Белорусская государственная политехническая академия**

### (54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано в устройствах для измерения квазиэлектрического поля, создаваемого заряженными объектами. Сущность изобретения: контроль электрических полей осуществляют путем периодического воздействия на защищенный неподвижным экранирующим электродом измерительный электрод электростатического поля, периодического

экспонирования и экранирования, считывания сигнала с измерительного электрода, его усиления и регистрации. Новым является то, что измеряют разность потенциалов между внешней поверхностью экранирующего электрода и измерительным электродом и подключают к экранирующему электроду источник постоянного тока с ЭДС, большей значения измеряемого потенциала поля до момента равенства нулю указанной разности потенциалов. 2 ил.

RU 2 0 1 0 2 4 9 C 1

RU 2 0 1 0 2 4 9 C 1



RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 010 249** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>5</sup> **G 01 R 29/12**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **4645066/21, 01.02.1989**

(46) Date of publication: **30.03.1994**

(71) Applicant(s):  
**BEORUSSKIJ POLITEKHNICHESKIJ INSTITUT**

(72) Inventor(s):  
**SYCHIK V.A.,  
GERASIMOV I.I.,  
STEPANJUK I.V.,  
KHALYMSKIJ A.N.**

(73) Proprietor(s):  
**BEORUSSKAJA GOSUDARSTVENNAJA  
POLITEKHNICHESKAJA AKADEMIJA**

(54) **PROCESS OF MEASUREMENT OF INTENSITY OF ELECTRIC FIELD**

(57) Abstract:

FIELD: radio measurement technology.  
SUBSTANCE: monitoring of electric fields is conducted by way of periodic action on instrument electrode of electrostatic field protected with immobile shielding electrode, by periodic exposure and shielding, by reading of signal from instrument electrode, by its amplification and registration. Novelty lies in measurement of

difference of potentials between outer surface of shielding electrode and instrument electrode and in connection of source of direct current with emf having bigger value of measured field potential before moment of zero equality of specified difference of potentials to shielding electrode. EFFECT: enhanced accuracy of measurements. 2 dwg

RU 2 0 1 0 2 4 9 C 1

RU 2 0 1 0 2 4 9 C 1

Изобретение относится к радиоизмерительной технике и может быть использовано для измерения квазиэлектростатического поля, создаваемого заряженными объектами.

Известен способ измерения напряженности электрического поля путем помещения в исследуемое электрическое поле датчика, соединенного с измерителем (авт. св. СССР N 483631, кл. G 01 R 29/12, 1975, и заявка Японии N 57-18151, кл. G 01 R 29/12, 1982).

Известен способ измерения напряженности электрического поля путем помещения в исследуемое электрическое поле датчика, соединенного с измерителем, и установки потенциала экрана измерителя равным потенциалу датчика (авт. св. СССР N 691785, кл. G 01 R 29/12, 1979). Оба способа обладают невысокой чувствительностью, точностью измерений и нестабильностью результатов измерений.

Известен способ измерения напряженности электрического поля (авт. св. СССР N 672583, кл. G 01 R 29/12, 1979), контроль напряженности электрического поля в котором осуществляют путем помещения в эту точку электропроводящего зонда - измерительного электрода, соединенного с землей через сопротивление, измерения сигнала в цепи электропроводящего зонда при дополнительном изменении собственной электрической емкости измерительного электрода. Этот способ обладает невысокой точностью контроля, невысокой надежностью и конструктивной сложностью устройств, реализующих данный способ.

Прототипом изобретения является способ измерения напряженности электрического поля (авт. св. СССР N 340977, кл. G 01 R 19/00, 1972), в котором контроль напряженности электрического поля осуществляют путем помещения в эту точку системы экранирующий электрод - измерительный электрод с последующей коммутацией через ключ на корпус экранирующего электрода усиления и измерения выделенного на измерительном электроде сигнала.

Недостатками способа-прототипа являются невысокая надежность работы, обусловленная наличием в реализующем способ устройстве накаливаемых электронных приборов, невысокие стабильность работы и точность контроля (погрешность  $\Delta \geq 30\%$ ) вследствие существенного снижения прозрачности экранирующего электрода и его колебаний в процессе коммутации этого электрода ключом на корпус, невысокая чувствительность, обусловленная снижением прозрачности экранирующего электрода.

Целью изобретения является повышение точности измерений.

Цель достигается тем, что по способу измерения напряженности электрического поля путем периодического воздействия на защищенный неподвижным экранирующим электродом измерительный электрод электростатического поля, последовательного экспонирования и экранирования, считывания сигнала с измерительного электрода, его усиления и регистрации, измеряют разность потенциалов между внешней поверхностью экранирующего электрода и измерительным электродом и подключают к экранирующему электроду источник постоянного тока с ЭДС, большей значения измеряемого потенциала поля до момента равенства нулю указанной разности потенциалов.

Вследствие того, что в предложенном способе измерения напряженности электрического поля в процесс контроля электрических полей вводят операцию измерения разности потенциалов между внешней поверхностью экранирующего электрода и измерительным электродом подключают к экранирующему электроду источник постоянного тока с ЭДС, большей значения измеряемого потенциала поля до момента равенства нулю указанной разности потенциалов, существенно повышается точность измерения. Погрешность измерения снижается более чем в пять раз с 30% у прототипа до 2,5% у заявляемого способа.

В известных технических решениях признаков, сходных с заявляемым, не обнаружено. Следовательно, предложенное техническое решение - способ измерения напряженности электрического поля обладает существенными отличиями.

Измерение напряженности электрического поля посредством предложенного способа осуществляют следующим образом. В зону действия электрического поля помещают измерительный электрод, выполненный из электропроводного материала, обычно дисковой

формы, а перед ним со стороны действующего электрического поля размещают второй электрод, площадь которого не меньше площади измерительного электрода, также выполненный из электропроводного материала. Измерительный электрод гальванически соединяют с измерительным прибором, содержащим усилитель и регулирующее устройство, а дополнительный экранирующий электрод обратной к воздействию полю стороной периодически посредством коммутатора, быстродействующего электронного реле, периодически последовательно с заданной частотой коммутируют на землю и внешний источник постоянного тока. При этом с помощью коммутатора к экранирующему электроду подключают источник постоянного тока таким полюсом, чтобы его полярность соответствовала полярности измеряемого электрического поля, т. е. была ей идентична, а величина ЭДС больше значения максимально возможного измеряемого потенциала поля.

Когда измеряемым электрическим полем экспонируют на измерительный электрод в момент отключения экранирующего электрода от земли, когда этот электрод не влияет на величину действующего на измерительный электрод поля, на нем возникает наведенный заряд  $Q = \epsilon_a ES$ , который создает потенциал  $\varphi = \epsilon_0 ES/C$ , где  $E$  - напряженность измеряемого электрического поля;  $\epsilon_a$  - абсолютная диэлектрическая проницаемость среды;  $S$  - площадь измерительного электрода;  $C$  - емкость измерительного электрода относительно земли. В последующий момент, когда экранирующий электрод коммутируют на землю, т. е. когда измерительный электрод экранируют от измеряемого поля, накопленный на нем заряд  $Q$  стекает через входное сопротивление измерительного прибора. Поскольку в процессе коммутации на землю разделенный на экранирующем электроде действующим электрическим полем заряд частично нейтрализуется (на противоположной действующем полю поверхности), для его генерации осуществляют последующую коммутацию экранирующего электрода на внешний источник постоянного тока, причем полярность коммутирующего источника соответствуют полярности нейтрализуемого заряда, т. е. полярности действующего электрического поля. ЭДС коммутирующего источника постоянного тока устанавливают в начальный момент измерения полей, причем ее значение устанавливают большей значения измеряемого потенциала поля и поддерживают его затем постоянным в процессе измерения.

Осуществляя периодическое экспонирование-экранирование измерительного электрода с подпиткой в процессе экспонирования экранирующего электрода полюсом источника постоянного тока, полярность которого аналогична полярности измеряемого поля, а величина ЭДС установлена большей значения измеряемого потенциала поля, в цепи измерительного электрода создают переменный электрический сигнал, представляющий собой переменное напряжение от  $U_{\text{макс}} = \varphi$  при экспонировании до нуля при экранировании. Переменное напряжение на измерительном электроде во входной цепи измерительного прибора создает ток

$i = dQ/dt = \epsilon_a S dE/dt = U/Z_{\text{вх}}$ , где  $U$  - мгновенное значение напряжения на измерительном электроде;

$Z_{\text{вх}}$  - полное входное сопротивление измерительного прибора.

Для выполнения цели - повышения точности измерений необходимо добиваться максимально возможного напряжения на измерительном электроде. Это достигается в предложенном способе выбором времени экранирования (коммутировании дополнительного электрода на землю), равного постоянной времени считывания сигнала, т. е. постоянной времени стекания индуцированного на измерительном электроде заряда через полное входное сопротивление. Время экспонирования характеризуется двумя стадиями. На первой стадии подключают обратную к действующему полю сторону экранирующего электрода к полюсу источника постоянного тока заданной ЭДС, полярность которого соответствует полярности действующего электрического поля. Время подключения соответствует времени компенсации частично нейтрализуемого на указанной стороне экранирующего электрода разделенного заряда. На второй стадии экранирующий электрод отключают от источника постоянного тока и от заземления. Время этой стадии соответствует времени полного накопления на измерительном электроде наведенного

заряда  $Q$ . Это время, как показали результаты эксперимента, составляет 0,5-0,1 времени экранирования измерительного электрода.

Переменный электрический сигнал типа переменного напряжения, формируемый в цепи измерительного электрода путем экспонирования-экранирования, подают на

5 измерительный прибор, где он усиливается и отображается на измерительной стрелочной головке или цифровом табло числовым значением, соответствующим действующему на измерительный электрод значению напряженности электрического поля.

Изложенный способ реализуется устройством, структурная схема которого представлена на фиг. 1; временная диаграмма работы которого изображена на фиг. 2.

10 Электрическим полем  $E$  на стадии экспонирования воздействуют на измерительный электрод 1 через отключенный от земли экранирующий электрод 2. Время этой стадии соответствует времени полного накопления на измерительном электроде 1 наведенного заряда  $Q$ , зависит от суммарной емкости системы и, как показали результаты эксперимента, составляет 0,1-0,5 мс. Наведенный на измерительном электроде 1 заряд  $Q$

15 создает потенциал  $\varphi = \varepsilon_a ES/C$ .

На этапе экспонирования индуцированные на измерительном электроде 1 и экранирующем электроде 2 разности потенциалов (по отношению к корпусу либо земле) подводятся к формирующим элементам 3 и 4, например ОУ типа К544УД2, на которых формируются напряжения, пропорциональные потенциалом экранирующего электрода 2 со

20 стороны действия поля  $E$  и измерительного электрода 1. Напряжения с выходов элементов 3 и 4 поступают на элемент сравнения (компаратор) 5, выполненный, например, на микросхеме К544СА2, где сравниваются эти два напряжения, и на выходе компаратора 5 формируются управляющие импульсы переменной длительности. С ростом разности

25 уровней напряжений на выходах формирующих элементов 3 и 4, что наблюдается, когда происходит частичная нейтрализация экранирующего электрода 2, длительность формируемого на выходе компаратора 5 импульса возрастает, т. е. она зависит от степени нейтрализации экранирующего электрода 2.

Импульсы управления заданных параметров (амплитуды и длительности) формируются в промежутком элементе 6 (выполнен, например, на микросхеме К544УД2 с масштабным

30 коэффициентом передачи) и поступают на исполнительный элемент 7, в котором формируются, например, с помощью несимметричного мультивибратора на микросхеме К155ЛА3 сигналы длительностью  $t_{и1} = t_{ек}$  для управления системой 8 коммутации экранирующего электрода 1 с паузой  $t_п = t_{ес}$ , за время которой осуществляется полная стадия экспонирования.

35 Длительность времени экранирования  $t_{ек} = t_{и1} \approx 1$  мс, длительность времени экспонирования  $t_{ес} = t_п \approx 0,3$  мс. Период повторения импульсов для управления системой 8 коммутации составляет  $T = t_{и1} + t_п = 1,3$  мс.

На исполнительный элемент 7 также поступают импульсы переменной длительности с

40 выхода промежуточного элемента 6, где они формируются как импульсные сигналы с переменной длительностью импульса  $t_{и2}$  для управления системой 9 коммутации источника напряжения постоянного тока на экранирующий электрод 2 с помощью формирователя, например, на микросхеме К155ЛА3 в прямоугольные импульсы, период повторения которых соответствует  $T = 1,3$  мс, а их длительность пропорциональна разности

45 потенциалов на выходе формирующих элементов 3 и 4, т. е. степени прозрачности экранирующего электрода 2. Время начала действия импульса на стадии экспонирования  $\Delta t$  определяется его задержкой в элементах 3, 4, 5, 6 и 7 составляет  $\Delta t \approx 5-10$  мкс.

Сигналами управления системой 8 коммутации с длительностью

50 импульсов  $t_{и1}$  воздействуют на электронный коммутатор 10, который своей контактной группой (системой коммутации) 8 осуществляет периодическую коммутацию на землю экранирующего электрода 2, обеспечивая последовательность протекания стадий экранирования и экспонирования.

Сигналами управления системой коммутации источника питания с переменной

длительностью импульса  $t_{и2}$  воздействуют на систему 9 коммутации, содержащую инвертор 11 и тристабильный элемент 12, который коммутирует источник питания Епит в момент поступления на его управляющий вход инвертированного импульса длительностью  $t_{и2}$  на частично нейтрализованный экранирующий электрод 2.

5 В качестве источника подпитки экранирующего электрода 2 используется источник напряжения постоянного тока с возможностью плавной установки заданного дискретного значения напряжения Епит, например источник питания типа УИП-2. В начальный момент измерения полей по величине длительности управляющего импульса  $t_{и2}$  устанавливается дискретное значение Епит, которое в процессе измерения остается неизменным, например, 10 в диапазоне 5-20 В.

Переменным напряжением, формируемым на измерительном электроде 1, воздействуют на измерительный прибор 13, содержащий усилитель 14 с входным импедансом и измерительный блок 15. Измерительный прибор 13 отображает истинное значение измеряемой напряженности электрического поля. Результирующая погрешность 15 измерения не превышает 2,5% .

Таким образом, вследствие того, что в предложенном способе измерения напряженности электрического поля измеряют разность потенциалов между внешней поверхностью экранирующего электрода и измерительным электродом и подключают к экранирующему электроду источник постоянного тока с ЭДС, большей значения 20 измеряемого потенциала поля до момента равенства нулю указанной разности потенциалов, когда осуществляется полная компенсация частично нейтрализованного на экранирующем электроде разделенного заряда, т. е. восстановление прозрачности экранирующего электрода, достигается цель, с 30 до 2,5% снижается результирующая погрешность измерения.

25 Предлагаемый способ измерения напряженности электрического поля в сравнении с базовым способом-прототипом и другими известными способами обладает следующими преимуществами: более чем в два раза повышается чувствительность устройства, реализующего данный способ, более чем в пять раз (с  $\Delta = 30\%$  до  $\Delta = 2,5\%$  ) повышается точность измерения напряженности электрического поля. (56) Авторское свидетельство 30 СССР N 483631, кл. G 01 R 29/12, 1975.

Авторское свидетельство СССР N 691785, кл. G 01 R 29/12, 1979.

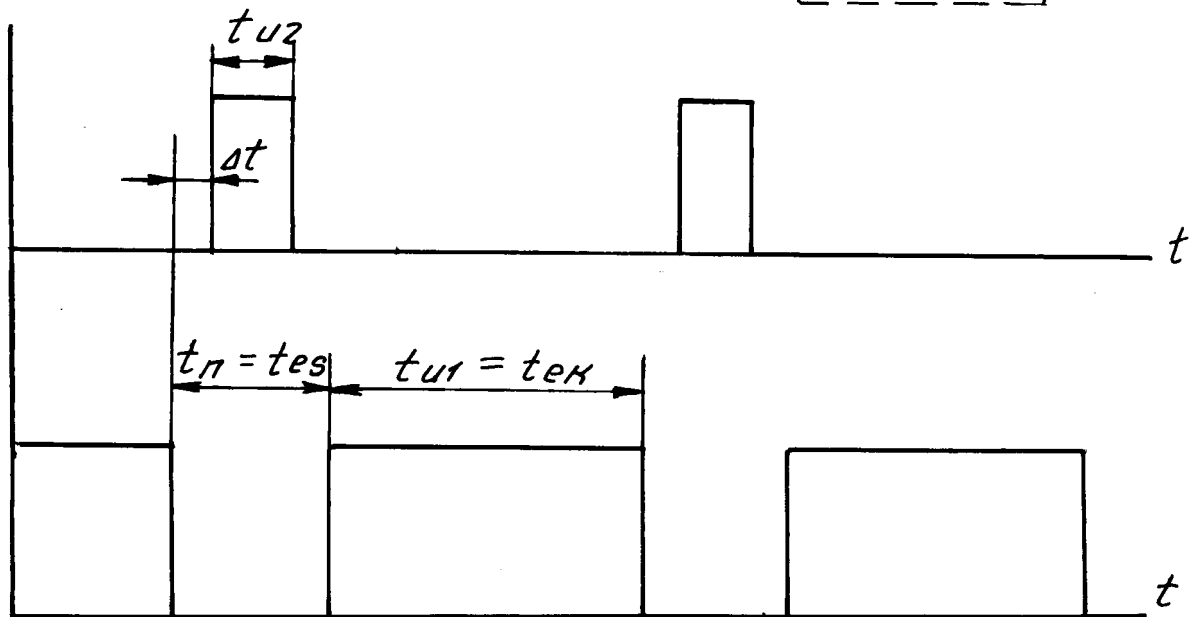
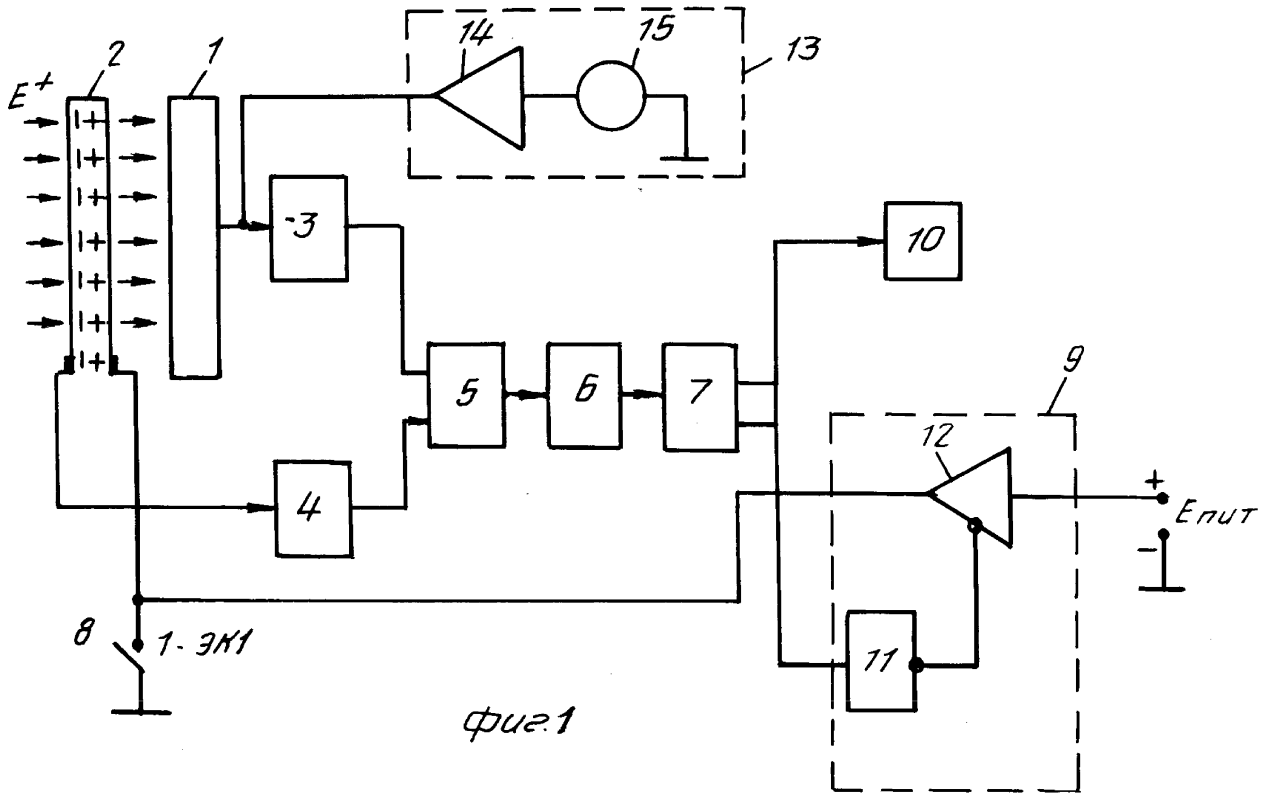
Авторское свидетельство СССР N 340977, кл. G 01 R 19/00, 1972.

#### Формула изобретения

35 СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ путем периодического воздействия электростатическим полем на защищенный неподвижным экранирующим электродом измерительный электрод, последовательного экспонирования и экранирования и считывания сигнала с измерительного электрода, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерений путем восстановления прозрачности 40 экранирующего электрода, контролируют разность текущего потенциала экранирующего электрода и начального потенциала измерительного электрода, формируют управляющий сигнал, которым воздействуют на коммутатор, подключающий на стадии экспонирования к экранирующему электроду источник постоянного тока, до момента равенства нулю управляющего сигнала.

45

50



$\phiи2.2$