



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01R 31/08 (2020.08); G01R 31/72 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2019102484, 29.01.2019  
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.01.2019  
Дата регистрации:  
23.12.2020  
Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 29.01.2019  
(43) Дата публикации заявки: 29.07.2020 Бюл. № 22  
(45) Опубликовано: 23.12.2020 Бюл. № 36  
Адрес для переписки:  
197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/  
1, Федеральное государственное казенное  
военное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Военный  
учебно-научный центр Военно-Морского  
Флота "Военно-морская академия им.  
Адмирала Флота Советского Союза Н.Г.  
Кузнецова"

(72) Автор(ы):  
Тюгай Савелий Черхванович (RU),  
Турьшев Борис Иванович (RU),  
Одинаев Владимир Абдурахимович (RU),  
Малков Андрей Юрьевич (RU),  
Лукьянов Роман Иванович (RU),  
Гудкова Ольга Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное казенное  
военное образовательное учреждение  
высшего образования "Военный  
учебно-научный центр Военно-Морского  
Флота "Военно-морская академия им.  
Адмирала Флота Советского Союза Н.Г.  
Кузнецова" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: SU 1580294 A1, 23.07.1990. RU  
2016120378 A, 30.11.2017. SU 1737364 A1,  
30.05.1992. CN 103983857 A, 13.08.2014. CN  
0206684227 U, 28.11.2017.

## (54) СПОСОБ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕСТА СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано для нахождения места снижения сопротивления изоляции относительно земли (корпуса) электроустановок, устройств, обмоток и других объектов, содержащих последовательно включенные элементы (участки) с приблизительно одинаковыми параметрами. Технический результат: уменьшение количества измерений и измерительных средств, сокращение времени поиска неисправности, упрощение методики поиска и применяемой аппаратуры на объекте, находящемся под рабочим напряжением без изменения режима и снижения безопасности функционирования объекта. Сущность: измеряют сопротивление исправной изоляции объекта

методом трех отсчетов вольтметра с использованием рабочего напряжения на объекте. Рассчитывают сопротивление исправной изоляции элемента. В случае снижения сопротивления изоляции объекта измеряют этот параметр методом трех отсчетов вольтметра. Рассчитывают сопротивление дополнительной утечки через изоляцию. Измеряют напряжение одного из полюсов объекта относительно корпуса. Рассчитывают напряжение относительно корпуса на дополнительной утечке с использованием распределения напряжения между соответствующими точками вдоль объекта и корпусом, определяемого по измеренному напряжению одного из полюсов объекта относительно корпуса. Сравнивают рассчитанное





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01R 31/08 (2020.08); G01R 31/72 (2020.08)*

(21)(22) Application: **2019102484, 29.01.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**29.01.2019**

Registration date:  
**23.12.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **29.01.2019**

(43) Application published: **29.07.2020 Bull. № 22**

(45) Date of publication: **23.12.2020 Bull. № 36**

Mail address:

**197045, Sankt-Peterburg, Ushakovskaya nab., 17/1, Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya "Voennyj uchebno-nauchnyj tsentr Voennno-Morskogo Flota "Voennomorskaya akademiya im. Admirala Flota Sovetskogo Soyuz N.G. Kuznetsova"**

(72) Inventor(s):

**Tyugaj Savelij Cherkhvanovich (RU),  
Turyshv Boris Ivanovich (RU),  
Odinaev Vladimir Abdurakhimovich (RU),  
Malkov Andrej Yurevich (RU),  
Lukyanov Roman Ivanovich (RU),  
Gudkova Olga Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Voennyj uchebno-nauchnyj tsentr Voennno-Morskogo Flota "Voennomorskaya akademiya im. Admirala Flota Sovetskogo Soyuz N.G. Kuznetsova" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINATION OF INSULATION RESISTANCE REDUCTION POINT**

(57) Abstract:

FIELD: monitoring and measuring equipment.

SUBSTANCE: invention can be used to find point of reduction of insulation resistance relative to earth (housing) of electrical installations, devices, windings and other objects, containing serially connected elements (sections) with approximately identical parameters. Summary: resistance of sound insulation of an object is measured by three readings of a voltmeter using an operating voltage at the object. Resistance of a sound insulation of the element is calculated. In case insulation resistance of object is measured this parameter is measured by three readings of voltmeter. Resistance of additional leak through insulation is calculated. Voltage of one of the object poles relative to the housing is measured. Voltage is calculated relative to the housing on additional leakage using

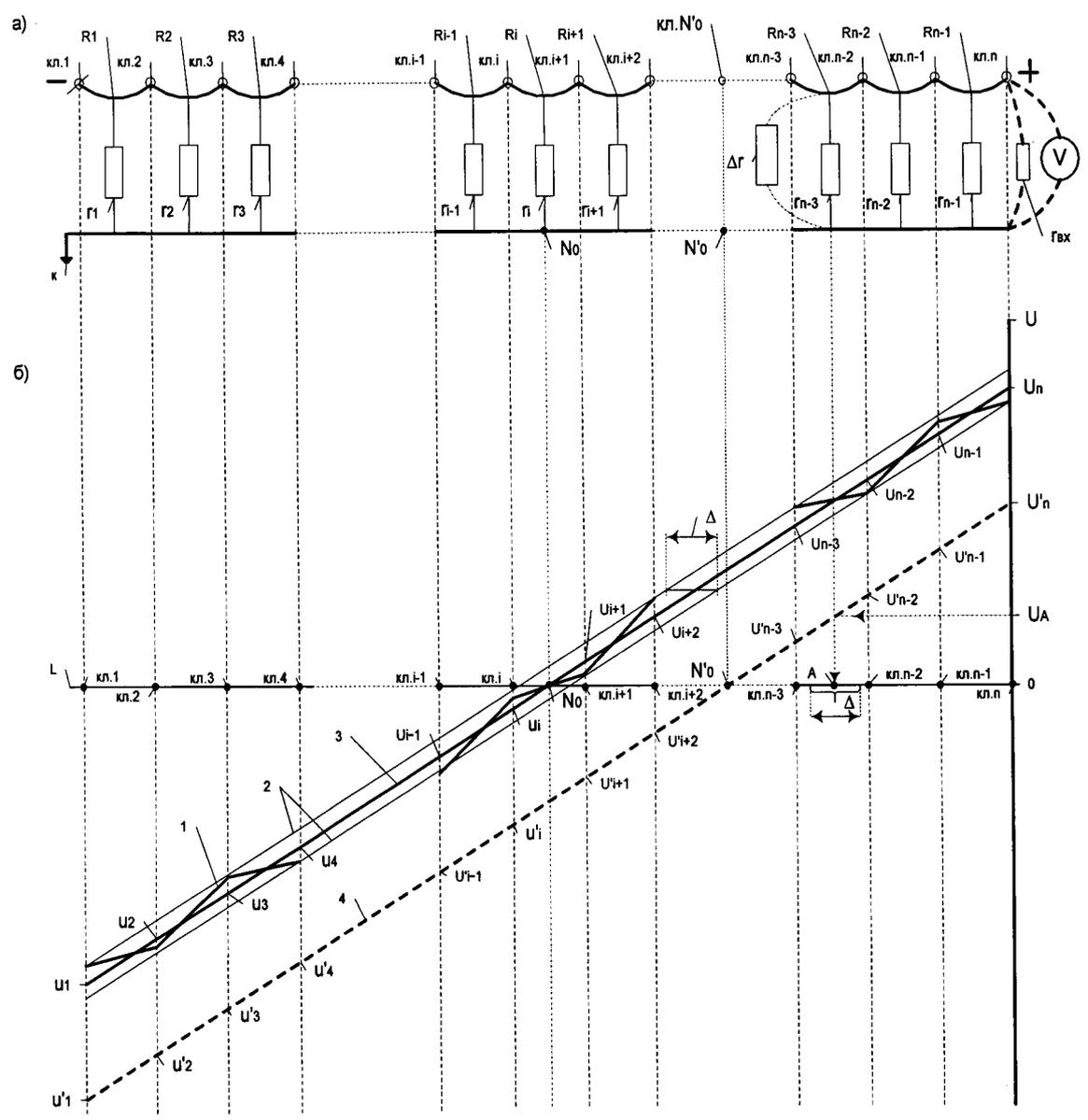
distribution of voltage between corresponding points along object and housing, determined from measured voltage of one of object poles relative to housing. Calculated voltage is compared to the casing on additional leakage with distribution of voltage between corresponding points along object and casing. Result of the comparison is used to determine the location of additional leakage taking into account the error related to inequality of parameters of serially connected elements of the object.

EFFECT: reduced number of measurements and measuring means, shorter time for troubleshooting, simplified search technique and applied equipment on object, located under operating voltage without changing mode and reducing safety of object operation.

1 cl, 1 dwg

RU 2 739 386 C 2

RU 2 739 386 C 2



Фиг. 1

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано для нахождения места снижения сопротивления изоляции относительно земли (корпуса) электроустановок, устройств, обмоток и других объектов, содержащих последовательно включенные элементы (участки) с приблизительно одинаковыми параметрами.

Предпосылки к изобретению. В процессе эксплуатации объекта, в частности, кабельной многовитковой обмотки размагничивания судна, состоящей из последовательно соединенных витков, может произойти локальное снижение ее сопротивления изоляции. Поиск места снижения сопротивления изоляции традиционными способами сопряжен с трудоемкими и длительными действиями по обходу (обследованию) кабелей обмотки, зачастую пролегающих в труднодоступных местах, с последовательным отключением участков кабелей и замером их сопротивления изоляции в предварительно вскрытых соединительных коробках обесточенной обмотки. Поэтому становится весьма актуальной разработка способа дистанционного установления места снижения сопротивления изоляции в обмотке, находящейся под рабочим напряжением, со щита ее питания, без изменения режима работы обмотки размагничивания, являющейся элементом защиты судна, и без ухудшения безопасности ее эксплуатации, а также выполнением минимального количества измерений минимальным числом штатных измерительных средств с минимальными временными затратами.

Известны основные методы определения мест повреждения изоляции кабелей относительно земли [1]: дистанционные (импульсные и мостовые), топографические (акустические и акустические с рамкой) и др.

Применение методов, изложенных в [1], в установлении места снижения сопротивления изоляции в объектах, содержащих последовательно включенные элементы (участки), требует вывода из действия объекта, использование дополнительного оборудования и аппаратуры, а также перемещения персонала вдоль объекта контроля. В связи с указанными недостатками данные методы недостаточно эффективны для решения задач, поставленных в настоящем изобретении.

Известен способ определения сопротивления путей утечек на землю в электрических системах [2], согласно которому производят ряд замеров токов утечки на землю и общего тока системы, составляют систему уравнений, решением которой будут значения сопротивлений путей утечек току на землю каждого элемента системы.

Для применения способа [2], в поиске места снижения сопротивления изоляции в объектах, содержащих последовательно включенные элементы (участки), требуется в процессе замеров параметров поочередное шунтирование элементов системы, что накладывает определенные ограничения в его использовании для контроля ряда объектов.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по своей технической сущности является способ [3], в котором для нахождения мест повреждения изоляции у объектов, содержащих последовательно соединенные участки (элементы) с неодинаковыми параметрами измеряют ток однополюсного замыкания на земляную шину, а также сопротивление изоляции при отключенном питании, измеряют у исправного объекта распределение напряжения между соответствующими точками вдоль объекта и земляной шиной. При снижении сопротивления изоляции измеряют этот параметр, вновь измеряют значение однополюсного замыкания образца, находящегося под напряжением, на земляную шину, рассчитывают сопротивление дополнительной утечки через изоляцию и приращение тока однополюсного замыкания, по их произведению определяют падение

напряжения на сопротивлении дополнительной утечки, сравнивают полученное падение напряжения с распределением напряжения между соответствующими точками исправного объекта и земляной шиной и по результатам сравнения судят о месте повреждения изоляции.

5 Применение способа [3] для нахождения места снижения сопротивления изоляции относительно корпуса у объектов, содержащих последовательно включенные элементы (участки) с приблизительно одинаковыми параметрами, является избыточным по количеству измерений параметров и используемых для этого приборов, сравнительно сложным по методике поиска неисправности, а также требующим периодического  
10 снятия напряжения с объекта контроля. Указанные недостатки устраняются в предлагаемом изобретении.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является дистанционное установление схемного места снижения сопротивления изоляции относительно корпуса объектов, содержащих последовательно включенные элементы (участки) с  
15 приблизительно одинаковыми параметрами, без изменения режима и снижения безопасности функционирования объекта с минимальным числом измерений минимумом штатных измерительных средств.

Указанный технический результат обеспечивается благодаря тому, что определяется значение сопротивления токовой утечке через изоляцию находящегося в действии  
20 объекта, вызвавшей снижение ее сопротивления, определяется величина напряжения одной из входных клемм обмотки относительно корпуса при рабочем напряжении на объекте и по соответствующему алгоритму рассчитывается место снижения сопротивления изоляции в схеме объекта.

На фигуре 1 представлена схема устройства, реализующего способ, со схемой  
25 замещения объекта контроля (фигура 1(а)), а также диаграмма распределения напряжений между соответствующими точками объекта контроля и его корпусом (фигура 1(б)). На фигуре 1 приняты следующие обозначения:  $R_1 \approx \dots \approx R_{n-1}$  - сопротивления элементов объекта, приблизительно равные между собой, например,  
30 сопротивления витков обмотки устройства размагничивания; кл. 1, ..., кл.  $N'_0$ , ..., кл. n - соединительные клеммы витков;  $r_1 \approx \dots \approx r_{n-1}$  - сопротивления исправной изоляции витков; V - вольтметр с входным сопротивлением  $r_{вх}$ ;  $\Delta r$  - сопротивление пути утечки; K - корпус;  $N_0$ ,  $N'_0$  - точка на схеме замещения обмотки и диаграмме  
35 потенциалов с нулевым потенциалом относительно корпуса (точка нулевого потенциала) соответственно для исходного состояния схемы и в случае снижения сопротивления изоляции в ней;  $U_n$ ,  $U'_n$ , напряжение клеммы «+» обмотки относительно корпуса  
40 соответственно исходное и при сниженном сопротивлении изоляции;  $U_A$  - напряжение относительно корпуса в месте снижения сопротивления изоляции в схеме обмотки; A - место снижения сопротивления изоляции в схеме обмотки и  $\Delta$  - погрешность установления этого места; OL - прямая линия, условно пролегающая вдоль прямолинейно развернутой обмотки; 1 - диаграмма потенциалов (напряжений) клемм  
45 обмотки относительно корпуса, 2 - границы диапазона нелинейности диаграммы потенциалов, 3 - средняя линия диаграммы потенциалов (исходная), 4 - средняя линия диаграммы потенциалов при сниженном сопротивлении изоляции обмотки;  $U_1, \dots, U_n$

- исходные потенциалы клемм обмотки;  $U'_1, \dots, U'_n$  - потенциалы клемм обмотки при сниженном сопротивлении изоляции.

Способ осуществляют следующим образом.

5 На объекте, в частности, на обмотке размагничивания судна, находящейся под рабочим напряжением, измеряется исходная величина сопротивления исправной изоляции обмотки  $r_{из0}$  методом трех отсчетов одного штатного вольтметра [4]. Затем вычисляется значение сопротивления исправной изоляции витка из формулы общего сопротивления параллельно соединенных приблизительно равных сопротивлений изоляции витков:

$$r_B \approx r_1 \approx \dots \approx r_{n-1} \approx r_{из0} \cdot (n-1),$$

где  $(n-1)$  количество витков в обмотке.

15 Так как сопротивление витка обмотки  $R_B \approx R_1 \approx \dots \approx R_{n-1}$  значительно меньше сопротивления исправной изоляции витка  $r_B \approx r_1 \approx \dots \approx r_{n-1}$  то есть  $R_B \ll r_B$ , то для узловой точки  $N_0$  схемы замещения обмотки и ее изоляции справедливо выражение по первому закону Кирхгофа, когда сумма токов через пути утечки в точке нулевого потенциала  $N_0$  в схеме замещения будет определяться выражением:

$$20 \sum_{j=1}^{j=i} \frac{u_j}{r_B} = \sum_{j=i+1}^{j=n-1} \frac{u_j}{r_B} + \frac{u_n}{r_{вх}} \quad (1)$$

Приведенные выше параметры  $r_{из0}$ ,  $r_B$  и  $r_{вх}$  являются исходными данными в предлагаемом способе.

25 В случае снижения текущей величины сопротивления изоляции обмотки до какого-то значения  $r_{из}$  (определяется также методом трех отсчетов одного штатного вольтметра), измеряется напряжение клеммы «+» обмотки относительно корпуса  $U'_n$ . Вычисляется значение сопротивления утечке  $\Delta r$ , вызвавшей снижения исходной величины сопротивления изоляции:

$$\Delta r = \frac{r_{из0} \cdot r_{из}}{r_{из0} - r_{из}}$$

35 Теперь согласно первому закону Кирхгофа сумма токов через пути утечки в новой точке нулевого потенциала  $N'_0$  в схеме замещения обмотки с использованием средней линии диаграммы потенциалов (4) при сниженном сопротивлении изоляции будет определяться выражением:

$$40 \sum_{j=1}^{j=N'_0} \frac{u'_j}{r_B} = \sum_{j=N'_0}^{j=n-1} \frac{u'_j}{r_B} + \frac{u'_n}{r_{вх}} + \frac{U_A}{\Delta r} \quad (2)$$

Откуда напряжение относительно корпуса в месте снижения сопротивлении изоляции  $U_A$  в схеме обмотки находят из выражения:

$$45 U_A = \Delta r \left( \sum_{j=1}^{j=N'_0} \frac{u'_j}{r_B} - \sum_{j=N'_0}^{j=n-1} \frac{u'_j}{r_B} - \frac{u'_n}{r_{вх}} \right) \quad (3)$$

По найденной величине  $U_A$  посредством диаграммы (4) устанавливают виток (на схеме это виток  $R_{n-3}$ ), на котором произошло снижение сопротивления изоляции. С учетом погрешности установления места снижения сопротивления изоляции указанный

виток будет находиться на схеме в области, обозначенной  $\Delta$ . Данные о найденном месте снижения сопротивления изоляции заносятся в память компьютера. Для определения мест последующих снижений сопротивления изоляции в обмотке будет также использоваться выражение (3), но с другими исходными данными, соответствующими

5 Пример

Допустим, что обмотка размагничивания судна, состоящая из 20 витков ( $n-1=20$ ) имеет величину исходного сопротивления исправной изоляции  $r_{из0}=1$  МОм, величину сопротивления исправной изоляции витка  $r_B=20$  МОм, величину входного сопротивления

10 вольтметра  $r_{вх}=30$  МОм. Пусть вследствие образовавшейся утечки через изоляцию обмотки размагничивания произошло уменьшение величины ее исходного сопротивления изоляции до значения, например,  $r_{из}=0.7$  МОм. При этом величина напряжения между клеммой «+» и корпусом

15 равна, например,  $U'_n = 40$  В.

Значение образовавшейся утечки через изоляцию обмотки будет равно:

$$\Delta r = \frac{r_{из0} \cdot r_{из}}{r_{из0} - r_{из}} = \frac{1 \cdot 0.7}{1 - 0.7} = 3,33 \text{ МОм}$$

20 Тогда значение потенциала  $U_A$  утечки  $\Delta r$  будет равно:

$$U_A = \Delta r \left( \sum_{j=1}^{j=12} \frac{u'_j}{r_B} - \sum_{j=13}^{j=20} \frac{u'_j}{r_B} - \frac{u'_n}{r_{вх}} \right) = 30,5, \text{ В}$$

25 Таким образом, схемное место образовавшейся утечки с учетом погрешности установления этого места, например, в пределах одного витка обмотки находится в области изоляции восемнадцатого витка. Параметры изоляции обмотки с установленной утечкой заносятся в память компьютера.

30 При образовании последующих утечек устанавливаются места их нахождения приведенным выше алгоритмом, но с использованием новых исходных данных, соответствующих текущим параметрам изоляции. После вывода из действия обмотки размагничивания производится устранение выявленных утечек.

Источники информации

1. <https://angstremip.ru/blog/osnovny...>
2. [findpatent.ru / patent / 201 / 2010247](http://findpatent.ru/patent/201/2010247).
- 35 3. patents, su>3 - 1580294 - sposob - opre...
4. Иванов Е.А. и др., Безопасность электроустановок и систем автоматики-СПб.: Элмор, 2003, с. 89.

#### (57) Формула изобретения

40 Способ установления места снижения сопротивления изоляции, заключающийся в том, что у объекта, содержащего последовательно включенные элементы (участки) с приблизительно одинаковыми параметрами, измеряют сопротивление изоляции объекта и напряжение одного из его полюсов относительно корпуса, отличающийся тем, что для уменьшения количества измерений и измерительных средств, сокращения времени

45 поиска неисправности, упрощения методики поиска и применяемой аппаратуры на объекте, находящемся под рабочим напряжением, а также учета входного сопротивления вольтметра, используемого в способе, и учета погрешности в установлении места снижения сопротивления изоляции, измеряют сопротивление исправной изоляции

объекта методом трех отсчетов вольтметра с использованием рабочего напряжения на объекте, рассчитывают сопротивление исправной изоляции элемента, а в случае снижения сопротивления изоляции объекта измеряют этот параметр методом трех отсчетов вольтметра, рассчитывают сопротивление дополнительной утечки через  
5 изоляцию, измеряют напряжение одного из полюсов объекта относительно корпуса, рассчитывают напряжение относительно корпуса на дополнительной утечке с использованием распределения напряжения между соответствующими точками вдоль объекта и корпусом, определяемого по измеренному напряжению одного из полюсов объекта относительно корпуса, сравнивают рассчитанное напряжение относительно  
10 корпуса на дополнительной утечке с распределением напряжения между соответствующими точками вдоль объекта и корпусом и по результату сравнения судят о месте нахождения дополнительной утечки с учетом погрешности, связанной с неравенством параметров последовательно включенных элементов объекта.

15

20

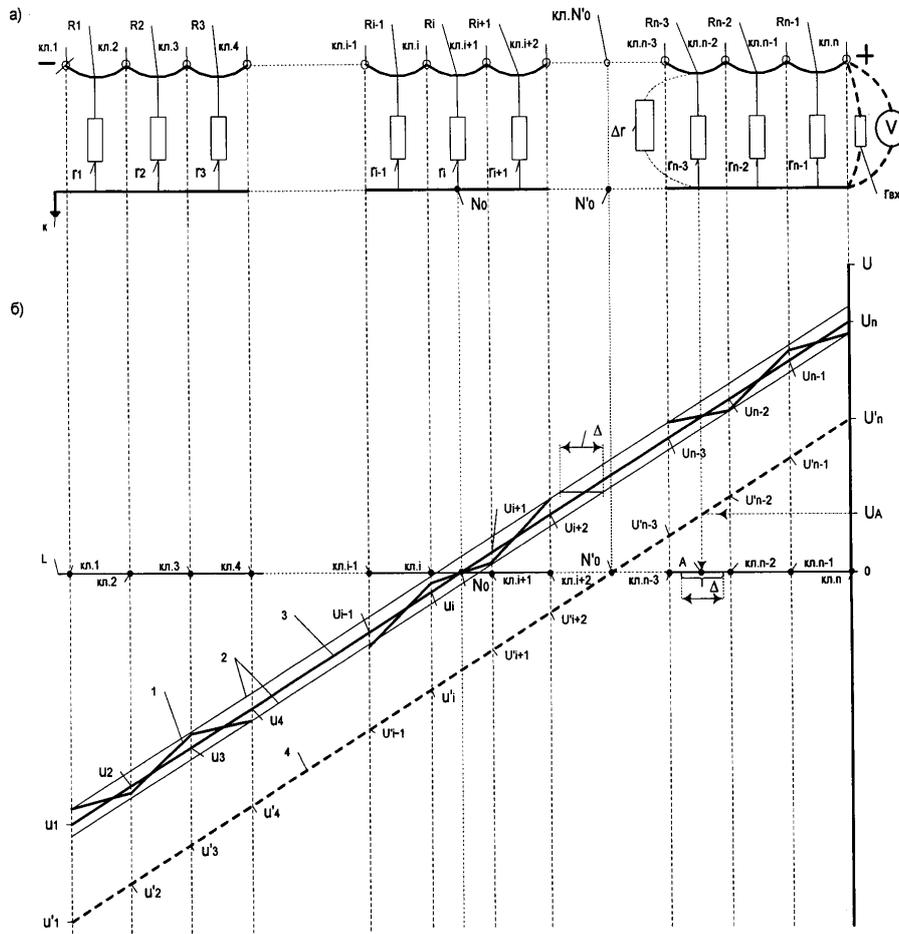
25

30

35

40

45



Фиг. 1