



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016117839, 04.05.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.05.2016Дата регистрации:  
31.07.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.05.2016

(45) Опубликовано: 31.07.2017 Бюл. № 22

Адрес для переписки:  
603950, г. Нижний Новгород, ГСП-926, ул.  
Алексеевская, 26, АО "Гипрогазцентр"

(72) Автор(ы):

Агиней Руслан Викторович (RU),  
Никулин Сергей Александрович (RU),  
Карнавский Евгений Львович (RU),  
Третьякова Мария Валерьевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Гипрогазцентр" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2469238 С1, 10.12.2012. ВРД 39-  
1.10-026-2001 МЕТОДИКА ОЦЕНКИ  
ФАКТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ И  
СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ  
ТРУБОПРОВОДОВ М.: ООО "ВНИИГАЗ",  
2001. ГОСТ Р 51 164-98. Трубопроводы  
стальные магистральные. Общие  
требования к защите от коррозии.(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ  
ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА

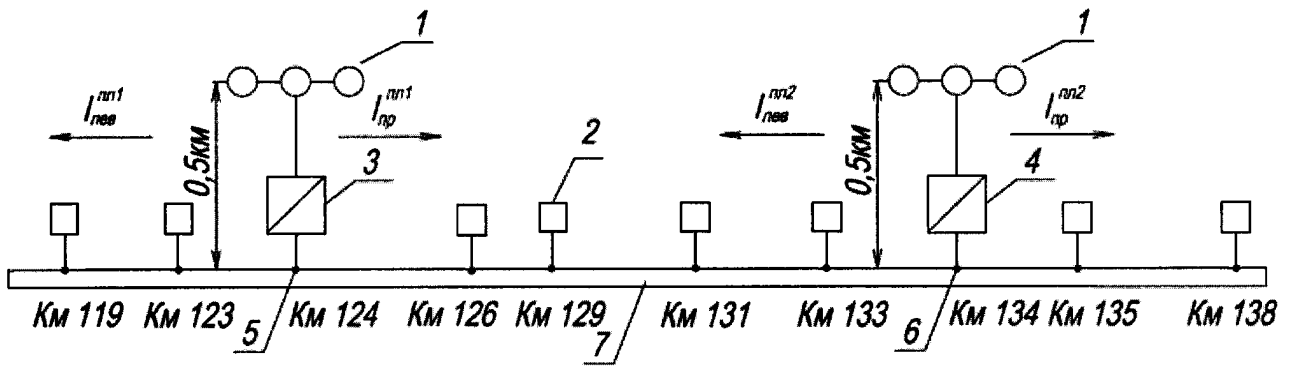
(57) Реферат:

Изобретение относится к трубопроводному транспорту и может быть использовано для определения технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода. На контролируемом участке трубопровода, ограниченном точками дренажа двух соседних действующих станций катодной защиты (СКЗ), определяют естественную разность потенциалов «труба - земля», измеряют смещение потенциала трубопровода, определяют силы тока СКЗ, требуемые для такого смещения потенциала. Затем рассчитывают переходное сопротивление покрытия, по которому судят о техническом состоянии изоляционного покрытия. Значение силы тока на контролируемом участке, требуемое

для смещения потенциала, определяют как сумму значений сил токов в соответствующем плече СКЗ, действующих на данный участок. Силы тока в соответствующем плече СКЗ определяют исходя из измеренных в двух или более точках участка трубопровода на каждом плече защиты значений плотности поляризующего тока на текущих режимах работы СКЗ, при отключенных на период измерения смежных СКЗ. Технический результат: расширение арсенала дистанционных способов определения технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода при сохранении необходимой точности и достоверности. 1 ил., 1 табл.

RU 2 626 609 С1

RU 2 626 609 С1



Фиг. 1

RU 2626609 C1

RU 2626609 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F16L 58/00* (2006.01)  
*C23F 13/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2016117839, 04.05.2016

(24) Effective date for property rights:  
04.05.2016

Registration date:  
31.07.2017

Priority:  
(22) Date of filing: 04.05.2016

(45) Date of publication: 31.07.2017 Bull. № 22

Mail address:  
603950, g. Nizhnij Novgorod, GSP-926, ul.  
Aleksievskaya, 26, AO "Giprogaztsentr"

(72) Inventor(s):  
Aginej Ruslan Viktorovich (RU),  
Nikulin Sergej Aleksandrovich (RU),  
Karnavskij Evgenij Lvovich (RU),  
Tretyakova Mariya Valerevna (RU)

(73) Proprietor(s):  
Aksionernoe obshchestvo "Giprogaztsentr" (RU)

(54) **METHOD OF ESTIMATING TECHNICAL CONDITION OF INSULATING COATING OF UNDERGROUND PIPELINE**

(57) Abstract:

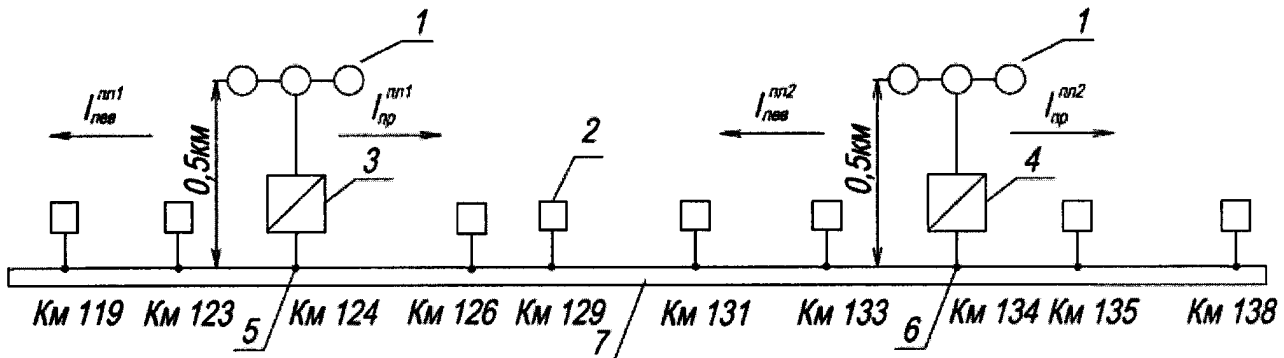
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: in controlled pipeline section bounded by the drain points of two adjacent active cathodic protection stations (CPS), the natural pipe-ground potential difference is determined, the bias of the pipeline potential is measured, the CPS current strengths required for such a potential bias are determined. Thereinafter, the transition resistance of the coating is calculated, by which the technical condition of the insulation coating is judged. The current strength value in the controlled section, required for the potential bias, is defined as the sum of the values of the current strengths in the corresponding CPS arm, acting

on this section. The current strengths in the corresponding CPS arm are determined from the polarizing current density values measured at two or more points of the pipeline section on each protection arm in the current operation modes of the CPS, while switching off adjacent CPSs for the measurement period.

EFFECT: expanding the arsenal of remote methods of determining the technical condition of the insulating coating of an underground pipeline while maintaining the necessary accuracy and reliability.

1 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

RU 2 6 2 6 6 0 9 C 1

RU 2 6 2 6 6 0 9 C 1

Изобретение относится к области оценки технического состояния наружного изоляционного покрытия подземных трубопроводов и может, в частности, использоваться при назначении участков трубопроводов к капитальному ремонту изоляционного покрытия.

5 Известны способы оценки технического состояния покрытия выявлением повреждений изоляционного покрытия подземных трубопроводов путем проведения электрометрических измерений при помощи электродов, устанавливаемых на поверхности грунта (Бэкман В., Швенк В. Катодная защита от коррозии: Справ. изд. пер. с нем. - М.: Металлургия, 1984. - С. 124-131), или путем определения градиента  
10 снижения напряженности магнитного поля, вызванного протеканием по трубопроводу переменного тока инфразвуковой и звуковой частоты (Кривдин А.Ю., Лисин В.Н., Пужайло А.Ф., Спиридович Е.А. Бесконтактный измеритель тока в подземных трубопроводах БИТА-1 // Журнал «Газовая промышленность» №11, 2003 г.).

Известны способы определения технического состояния изоляционного покрытия  
15 подземного участка трубопровода, заключающиеся в сопоставлении величины наложенного поляризованного потенциала и силы тока, вызвавшего эту поляризацию (ГОСТ Р 51 164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. Приложение Д1 - для участка построенного и засыпанного трубопровода и Приложение Д2 - для участка эксплуатируемого трубопровода).

20 Общим недостатком указанных способов оценки технического состояния изоляционного покрытия является высокая трудоемкость, связанная с большим объемом трассовых работ, а также их продолжительность.

Известен взятый за прототип способ дистанционного определения технического  
25 состояния изоляционного покрытия участка подземного трубопровода, ограниченного точками дренажа двух соседних действующих станций катодной защиты, заключающийся в измерении наложенной разности потенциалов (смещения разности потенциалов) «труба - земля», измерении силы тока на выходе станций катодной защиты и последующем расчете переходного сопротивления покрытия, по значению которого  
30 судят о техническом состоянии изоляционного покрытия. При этом принимают, что сила тока, за счет которой происходит поляризация участка трубопровода, равна полусумме значений силы тока на выходе каждой из станций катодной защиты [Патент РФ RU 2469238, кл. F16L 58/00, опубл. 31.05.2011].

Недостатком данного способа является низкая достоверность способа вследствие того, что не производится определение соотношения силы тока, поляризующего плечи  
35 защиты станции, условно предполагается, что соотношение равно 1:1, что практически маловероятно и в большинстве случаев вносит существенную ошибку при оценке технического состояния изоляционного покрытия.

Задачей изобретения является создание способа, позволяющего с достаточной  
40 достоверностью, дистанционно определять техническое состояние изоляционного покрытия подземного трубопровода.

Технический результат заключается в расширении арсенала дистанционных способов  
определения технического состояния изоляционного покрытия подземного  
трубопровода при сохранении необходимой точности и достоверности определяемых  
при осуществлении заявленного способа параметров, на основании которых судят о  
45 техническом состоянии изоляционного покрытия.

Поставленная задача решается тем, что в способе оценки технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода, заключающемся в определении естественной разности потенциалов «труба - земля» на контролируемом участке

трубопровода, ограниченном точками дренажа двух соседних действующих станций катодной защиты, измерении смещения потенциала трубопровода, определении силы тока станций, требуемой для такого смещения потенциала, и последующем расчете переходного сопротивления покрытия, по которому судят о техническом состоянии изоляционного покрытия, согласно изобретению значение силы тока на контролируемом участке  $I_{уч}$ , требуемое для смещения потенциала, определяют как сумму значений сил токов в соответствующем плече станций  $I_{уч} = I_{np}^{nl1} + I_{л}^{nl2}$ , действующих на данный участок и определяемых исходя из измеренных в двух или более точках участка трубопровода на каждом плече защиты значений плотности поляризующего тока на текущих режимах работы станции, при отключенных на период измерения смежных станциях по формулам:

$$I_{np}^{nl} = I_{скз} k_{np},$$

$$I_{л}^{nl} = I_{скз} k_{л},$$

при  $k_{л} + k_{np} = 1$ ,

где  $k$  - коэффициент соотношения силы тока для плеча защиты к общей силе тока на выходе станций, определяемый по формулам:

$$k_{л} = \frac{P_{л}}{P_{л} + P_{np}},$$

$$k_{np} = \frac{P_{np}}{P_{л} + P_{np}},$$

где  $P_{np}$  - относительный параметр, характеризующий плотность натекающего тока для плеча защиты, определяемый по формуле:

$$P_{л,np} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right|,$$

где  $I_i$  - сила тока в  $i$ -м датчике, А;

$S_i$  - площадь  $i$ -го датчика,  $m^2$ ;

$I_0$  - сила тока в точке дренажа, А;

$S_0$  - площадь датчика в точке дренажа,  $m^2$ ;

$A_i$  - коэффициент, учитывающий расстояние от точки измерения до станции катодной защиты (СКЗ).

Способ поясняется фиг. 1.

На фиг. 1, поясняющей пример 2, изображен контролируемый участок газопровода 7, расположенный между двумя станциями катодной защиты 3, 4. На участке газопровода установлены датчики тока 2 на разном удалении от точек дренажа 5, 6 станций 3, 4 и их анодных заземлений 1 для обоих плеч.

5 В таблице приведены вычисленные значения смещения потенциала, а также величины силы тока в датчиках и площадей их контактной поверхности.

Способ реализуют следующим образом.

10 Выбирают контролируемый участок трубопровода, на котором необходимо оценить состояние покрытия, расположенный в пределах влияния двух станций катодной защиты (СКЗ).

Определяют естественную разность потенциалов «металл - грунт» для образцов стали, из которой изготовлен трубопровод, и условий его заложения в лабораторных условиях. По данным периодических электроизмерений, ранее выполненных на контролируемом участке, определяют разность потенциалов «труба - земля» и значения 15 силы тока на выходе станций катодной защиты. Определяют смещение защитного потенциала вычитанием из измеренного значения разности потенциалов «труба-земля» значения естественной разности потенциалов, характерное для данной точки измерения.

По данным проектной и исполнительной документации на каждом из плеч защиты станций определяют места установки оборудования подсистемы дистанционного 20 коррозионного мониторинга с возможностью измерения силы (плотности) натекающего защитного тока (при наличии), места установки анодного заземления и место подключения дренажного кабеля к трубопроводу (точка дренажа) для двух станций катодной защиты, действующих на обозначенные участки.

25 Производят измерения силы натекающего защитного тока с помощью оборудования подсистемы дистанционного коррозионного мониторинга или вручную. Перед измерением силы натекающего тока отключают смежные СКЗ на период проведения замеров.

30 В случае отсутствия на контролируемом участке подсистемы дистанционного коррозионного мониторинга производят измерения силы натекающего защитного тока с помощью датчиков тока, устанавливаемых для удобства дальнейшего расчета на одинаковом удалении от точек дренажа станций, действующих на данный участок.

35 Определяют относительный параметр  $R_{л,пр}$ , характеризующий плотность натекающего тока для плеча защиты с учетом коэффициента  $A_j$ , учитывающего расстояние от точки измерения до станции катодной защиты, при различном расположении датчиков тока относительно точки дренажа.

40 Согласно первому закону Кирхгофа сила тока на выходе станции будет равна сумме токов в каждом плече. Исходя из данного закона, вычисляют коэффициенты соотношения силы тока для плеча защиты к общей силе тока на выходе станций и соответственно значение силы поляризующего тока, под действием которого происходит смещение потенциала в каждом плече.

Значение силы тока на контролируемом участке  $I_{у,ч}$  определяют как сумму значений сил токов в соответствующем плече станций, действующих на данный участок.

45 На основании полученных данных о величине смещения потенциала на участке и силе тока, которой оно вызвано, выполняют расчет переходного сопротивления изоляции, по значению которого оценивают техническое состояние контролируемого участка трубопровода.

Пример

Имеется участок действующего газопровода диаметром 1420 мм (7), км 112-144, на котором расположены две СКЗ №14 и 15 (3, 4). Газопровод изолирован антикоррозионным покрытием на основе полимерных лент. На участке расположено оборудование подсистемы дистанционного коррозионного мониторинга с датчиками силы тока, устанавливаемыми для измерения силы натекающего защитного тока. 5  
Особенностью расположения датчиков на данном участке газопровода является их разное удаление от точек дренажа СКЗ (2). Необходимо оценить техническое состояние покрытия на участке газопровода между двух СКЗ №14 и 15, км 124-134 по состоянию на 2016 год.

10 Определяют естественную разность потенциалов «металл-грунт» для образцов стали, из которой изготовлен трубопровод, и условий его заложения в лабораторных условиях. По данным периодических электроизмерений, ранее выполненных на контролируемом участке, определяют разность потенциалов «труба-земля» и значения силы тока на выходе станций катодной защиты. Определяют смещение защитного потенциала 15 вычитанием из измеренного значения разности потенциалов «труба-земля» значения естественной разности потенциалов, характерное для данной точки измерения.

Вычисленные значения смещения потенциала, а также величины силы тока в датчиках и площадей их контактной поверхности приведены в таблице.

Значение силы тока на выходе СКЗ составляет 5,0 и 6,3 А для СКЗ №14 и 15 20 соответственно.

Определяют соотношение силы тока для каждого плеча защиты СКЗ следующим образом. Исходя из предварительного анализа расположения датчиков силы тока, выбирают по два датчика для каждого плеча защиты СКЗ. Выбирают датчики на км 119 и 123 для левого плеча и датчики на км 126 и 129 для правого плеча.

25 Для СКЗ №14 соотношение силы тока для каждого плеча защиты СКЗ определяют по формулам:

$$30 \quad P_{\text{л}} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right| = \left| \frac{\left( \frac{0,0012}{0,0001} / \frac{0,005}{0,0001} \cdot 1 + \frac{0,0025}{0,0001} / \frac{0,005}{0,0001} \cdot 0,2 \right)}{2} \right| = 0,17,$$

$$35 \quad \text{где } A_i = \frac{L_i}{L_3},$$

$L_i$  - расстояние от точки дренажа до точки измерения, м;

$L_3$  - длина защищаемого участка, м;

$$40 \quad A_{112} = \frac{L_{119}}{L_3} = \frac{5000}{5000} = 1,$$

$$45 \quad A_{123} = \frac{L_{123}}{L_3} = \frac{1000}{5000} = 0,2.$$

$$P_{np} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right| = \left| \frac{\left( \frac{0,004}{0,0001} / \frac{0,005}{0,0001} \cdot 0,4 + \frac{0,0025}{0,0001} / \frac{0,005}{0,0001} \cdot 1 \right)}{2} \right| = 0,41,$$

где  $A_{126} = \frac{L_{126}}{L_3} = \frac{2000}{5000} = 0,4,$

$A_{129} = \frac{L_{129}}{L_3} = \frac{5000}{5000} = 1.$

Исходя из условия, что  $k_{л} + k_{np} = 1$ , вычисляют коэффициент влияния СКЗ №14 на контролируемый участок газопровода через относительный параметр, характеризующий плотность натекающего тока для плеча защиты, по формулам:

$$k_{л} = \frac{P_{л}}{P_{л} + P_{np}} = \frac{0,17}{0,58} = 0,29,$$

$$k_{np} = \frac{P_{np}}{P_{л} + P_{np}} = \frac{0,41}{0,58} = 0,71.$$

Силу тока плеча СКЗ, действующую на контролируемый участок, определяют по формуле:

$$I_{np}^{нп1} = I_{скз14} k_{np} = 5 \cdot 0,71 = 3,55 \text{ А.}$$

Для СКЗ №15 выбирают датчики на км 131 и 133 для левого плеча и датчики на км 135 и 138 для правого плеча.

Аналогично определяют соотношение силы тока для каждого плеча:

$$P_{л} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right| = \left| \frac{\left( \frac{0,0016}{0,0001} / \frac{0,004}{0,0001} \cdot 1 + \frac{0,0032}{0,0001} / \frac{0,004}{0,0001} \cdot 0,33 \right)}{2} \right| = 0,332,$$

где  $A_{131} = \frac{L_{131}}{L_3} = \frac{3000}{3000} = 1,$

где  $A_{133} = \frac{L_{133}}{L_3} = \frac{1000}{3000} = 0,33.$

$$P_{np} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right| = \left| \frac{\left( \frac{0,0027}{0,0001} / \frac{0,004}{0,0001} \cdot 0,25 + \frac{0,007}{0,000625} / \frac{0,004}{0,0001} \cdot 1 \right)}{2} \right| = 0,148,$$



$$\text{где } A_{135} = \frac{L_{135}}{L_3} = \frac{1000}{4000} = 0,25$$

$$A_{138} = \frac{L_{138}}{L_3} = \frac{4000}{4000} = 1.$$

Исходя из условия, что  $k_{л} + k_{np} = 1$ , вычисляют коэффициент влияния СКЗ №15 на контролируемый участок газопровода через относительный параметр, характеризующий плотность натекающего тока для плеча защиты, по формулам:

$$k_{л} = \frac{P_{л}}{P_{л} + P_{np}} = \frac{0,332}{0,48} = 0,69,$$

$$k_{np} = \frac{P_{np}}{P_{л} + P_{np}} = \frac{0,148}{0,48} = 0,31.$$

Силу тока плеча СКЗ, действующую на контролируемый участок, определяют по формуле:

$$I_{л}^{nl2} = I_{скз15} k_{л} = 6,3 \cdot 0,69 = 4,35 \text{ А.}$$

Силу тока на рассматриваемом участке определяют как сумму сил тока в соответствующих плечах от СКЗ №14 и СКЗ №15:

$$I_{уч} = I_{np}^{nl1} + I_{л}^{nl2} = 3,55 + 4,35 = 7,9 \text{ А.}$$

Выполняют расчет переходного сопротивления изоляционного покрытия на данном участке по методике, изложенной в ГОСТ Р 51 164-98 (Приложение Д), с учетом удельного электрического сопротивления металла трубопровода и удельного электрического сопротивления грунта. Устанавливают, что переходное сопротивление покрытия в 2016 году на момент проведения электрометрических измерений составляло 8252 Ом·м<sup>2</sup>, что соответствует удовлетворительному состоянию полимерного покрытия на контролируемом участке трубопровода.

Эффект изобретения проявляется в повышении достоверности способа оценки технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода посредством определения силы тока, действующей на контрольный участок трубопровода, с учетом неравного соотношения силы тока для каждого плеча защиты СКЗ и соответственно в более достоверной оценке состояния изоляционного покрытия, с возможностью проведения измерений и выполнения расчетов в дистанционном режиме с использованием оборудования подсистемы дистанционного коррозионного мониторинга.

Таблица

Км участка газопровода	Смещение потенциала, В	Сила тока в датчике, А	Площадь датчика, м
1	2	3	4
112	-1,78	Датчик не установлен	
113	-1,659		
114	-1,58		
115	-1,47		
116	-1,329		
117	-1,251		
118	-1,005		
119	-1,035		
120	-1,075	Датчик не установлен	
121	-1,225		
122	-1,384		
123	-1,704	0,0025	0,0001
124	-1,775	0,005	0,0001
125	-1,65	Датчик не установлен	
126	-1,475	0,004	0,0001
127	-1,245	Датчик не установлен	
128	-1,145	Датчик не установлен	
129	-1,151	0,0025	0,0001
130	-1,225	Датчик не установлен	
131	-1,43	0,0016	0,0001
132	-1,57	Датчик не установлен	
133	-1,62	0,0032	0,0001
134	-1,71	0,004	0,0001
135	-1,58	0,0027	0,0001
136	-1,42	Датчик не установлен	
137	-1,33	Датчик не установлен	
138	-1,16	0,007	0,000625
139	-0,98	Датчик не установлен	
140	-1,12		
141	-1,33		
142	-1,48		
143	-1,62		
144	-1,83		

## (57) Формула изобретения

Способ оценки технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода, заключающийся в определении естественной разности потенциалов «труба - земля» на контролируемом участке трубопровода, ограниченном точками дренажа двух соседних действующих станций катодной защиты, измерении смещения потенциала трубопровода, определении силы тока станций, требуемой для такого

смещения потенциала, и последующем расчете переходного сопротивления покрытия, по которому судят о техническом состоянии изоляционного покрытия, отличающийся тем, что значение силы тока на контролируемом участке  $I_{уч}$ , требуемое для смещения

5 станций  $I_{уч} = I_{нр}^{нл1} + I_{л}^{нл2}$ , действующих на данный участок и определяемых исходя из измеренных в двух или более точках участка трубопровода на каждом плече защиты значений плотности поляризующего тока на текущих режимах работы станции, при отключенных на период измерения смежных станциях по формулам:

$$10 \quad I_{нр}^{нл} = I_{скз} k_{нр},$$

$$I_{л}^{нл} = I_{скз} k_{л},$$

при  $k_{л} + k_{нр} = 1$ ,

15 где  $k$  - коэффициент соотношения силы тока для плеча защиты к общей силе тока на выходе станций, определяемый по формулам:

$$k_{л} = \frac{P_{л}}{P_{л} + P_{нр}},$$

$$20 \quad k_{нр} = \frac{P_{нр}}{P_{л} + P_{нр}},$$

где  $P_{л,нр}$  - относительный параметр, характеризующий плотность натекающего тока для плеча защиты, определяемый по формуле:

$$25 \quad P_{л,нр} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right|, \quad P_{л} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right|, \quad P_{нр} = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{I_i}{S_i} / \frac{I_0}{S_0} \cdot A_i \right)}{n} \right|,$$

30 где  $I_i$  - сила тока в  $i$ -м датчике, А;

$S_i$  - площадь  $i$ -го датчика,  $m^2$ ;

$I_0$  - сила тока в точке дренажа, А;

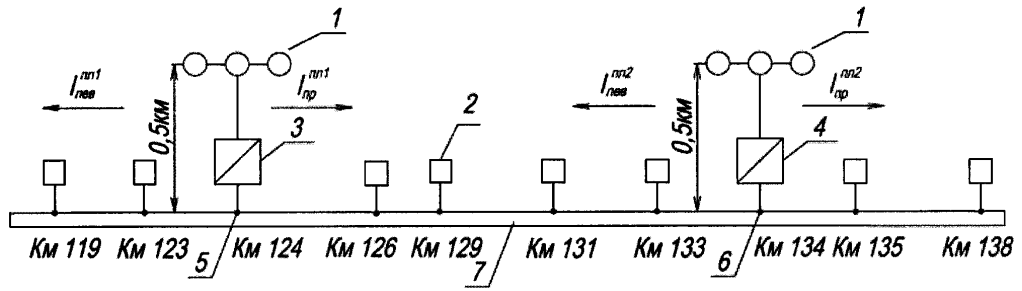
35  $S_0$  - площадь датчика в точке дренажа,  $m^2$ ;

$A_i$  - коэффициент, учитывающий расстояние от точки измерения до станции катодной защиты (СКЗ).

40

45

Способ оценки технического состояния изоляционного покрытия подземного трубопровода



Фиг. 1