

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035712**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.07.29

(51) Int. Cl. **C23F 13/04 (2006.01)**
C23F 13/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800050

(22) Дата подачи заявки
2018.01.25

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ КОРРОЗИИ**

(43) **2019.07.31**
(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:
**КЛАУСЕР ВИКТОР (DE); КЛАУЗЕР
КСЕНИЯ (MD)**

(56) EA-B1-008848
RU-U1-171189
US-A1-2011083973
JP-A-H749327

(74) Представитель:
Уткелбаев С.Р. (KZ)

(57) Изобретение относится к способу защиты конструкционных металлоконструкций и трубопроводов от коррозионного разрушения с использованием станции катодной защиты режима малых токов и устройству для его осуществления. Заявленным техническим результатом является упрощение способа путем исключения двухэтапного определения потенциала нулевого заряда, повышение достоверности определения потенциала нулевого заряда, поддержание защитного потенциала равным реальному потенциалу незаряженной поверхности, определенному с высокой точностью и достоверностью, и его поддержания на металле путем компенсации изменений, которые возникают в связи с изменением электропроводности системы металл-окружающая среда, что приводит к повышению эффективности защиты от коррозии конструкционных металлов. Это достигается тем, что способ электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, при котором измеряют потенциал в системе металл-раствор, определяют величину защитного потенциала, от внешнего источника постоянного тока на металл подают защитный потенциал и автоматически поддерживают его величину, с помощью источника постоянного тока компенсируют отклонение потенциала защиты от потенциала незаряженной поверхности металла, согласно изобретению, при изменении параметров окружающей среды измеряют величину потенциала нулевого заряда металла по мертвой точке движения стрелок миллиамперметров с зеркальной шкалой, встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов, а защитный потенциал устанавливают равным потенциалу нулевого заряда поверхности.

B1

035712

035712
B1

Изобретение относится к способу защиты конструкционных металлоконструкций и трубопроводов от коррозионного разрушения с использованием станции катодной защиты режима малых токов и устройству для его осуществления.

Известен способ электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, выбранный в качестве наиболее близкого аналога, при котором измеряют стационарный потенциал в системе металл-раствор, определяют величину защитного потенциала, от внешнего источника постоянного тока на металл подают защитный потенциал и поддерживают его величину, а при изменении параметров окружающей среды измеряют потенциал незаряженной поверхности, а защитный потенциал устанавливают равным потенциалу незаряженной поверхности и с помощью источника постоянного тока компенсируют отклонение потенциала защиты от измененного потенциала незаряженной поверхности металла. В данном способе используют способ определения потенциала незаряженной поверхности твердого металлического электрода, в котором измеряют величину стационарного потенциала металла, поляризуют электрическим током прямого и обратного направления, определяют момент установления потенциала незаряженной поверхности, поляризацию электрода осуществляют периодическим током с разнополярными импульсами, а на этапах протекания прямого и обратного импульсов осуществляют размыкание внешней поляризующей цепи электрического тока, после размыкания поляризующей цепи с помощью осциллографа фиксируют кривые спада во времени потенциала электрода в системе электрод-раствор, сопоставляют кривые спада потенциала из положительной и отрицательной областей путем совмещения моментов размыкания внешней цепи при следовании прямого и обратного импульсов, определяют точку слияния кривых спада и потенциал, соответствующий этой точке, принимают равным потенциалу незаряженной поверхности металлического электрода (ЕА 008848 В1, 31.08.2007 г.).

Недостатком вышеупомянутого способа является невысокая эффективность защиты от коррозионного разрушения, временной диапазон между разрывом цепи в области прямого и обратного импульсов периодического тока, двухэтапность способа определения потенциала нулевого заряда.

Известно устройство электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, выбранное в качестве наиболее близкого аналога, содержащее устройство для определения потенциала незаряженной поверхности металлического электрода, которое состоит из ванны с электропроводящей средой и размещенными в ней вспомогательным и исследуемым электродами, электрода сравнения с токопроводящим мостиком, соединенного с исследуемым электродом, электронного осциллографа для измерения потенциала на исследуемом электроде, второго электронного осциллографа, подключенного параллельно эталонному резистору для измерения тока, протекающего от источника тока через выключатель резистор, вспомогательный электрод, испытуемый электрод, соединенный, в свою очередь, через прерыватель с источником тока. Оно также содержит источник постоянного поляризующего тока с регулятором и управляемым резистором, дроссель и конденсатор для разделения цепей периодического и постоянного токов, и измерительный мост для определения потенциала незаряженной поверхности металла и контроля за изменением защитного потенциала, состоящий из формирователей прямого и обратного импульсов периодического тока, двух амперметров постоянного тока, включенных последовательно с формирователями импульсов в плечи моста, микроамперметра, включенного в диагональ измерительного моста, и балансирующего управляемого резистора (ЕА 008848 В1, 31.08.2007 г.).

Недостатком вышеупомянутого устройства является невозможность контролирования в реальных условиях изменения защитного потенциала и поддержания защитного потенциала равным потенциалу незаряженной поверхности.

Задачей изобретения является разработка эффективного способа защиты конструкционных металлоконструкций и трубопроводов от коррозионного разрушения с использованием станции катодной защиты режима малых токов и устройства для его осуществления.

Заявленным техническим результатом является упрощение способа путем исключения двухэтапного определения потенциала нулевого заряда, повышение достоверности определения потенциала нулевого заряда, поддержание защитного потенциала равным реальному потенциалу незаряженной поверхности, определенному с высокой точностью и достоверностью, и его поддержания на металле путем компенсации изменений, которые возникают в связи с изменением электропроводности системы металл-окружающая среда, что приводит к повышению эффективности защиты от коррозии конструкционных металлов.

Это достигается тем, что способ электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, при котором измеряют потенциал в системе металл-раствор, определяют величину защитного потенциала, от внешнего источника постоянного тока на металл подают защитный потенциал и автоматически поддерживают его величину, с помощью источника постоянного тока компенсируют отклонение потенциала защиты от потенциала незаряженной поверхности металла, согласно изобретению, при изменении параметров окружающей среды измеряют величину потенциала нулевого заряда металла по мертвой точке движения стрелок миллиамперметров с зеркальной шкалой, встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов, а защитный потенциал устанавливают равным потенциалу нулевого заряда поверхности.

Это также достигается тем, что устройство электрохимической защиты конструкционных металлов

от коррозии, включающее устройство для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла, источник постоянного тока с регулятором и управляемым резистором, дроссель и конденсатор для разделения цепей периодического и постоянного токов, и измерительный мост для определения и контроля потенциала незаряженной поверхности металла согласно изобретению дополнительно содержит два миллиамперметра постоянного тока с зеркальной шкалой, включенные последовательно с формирователями импульсов в плечи моста.

Причем устройство для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла, включающее ванну с электропроводящей средой и размещенными в ней исследуемым и вспомогательным электродами, источник электрического тока, резистор, приборы для измерения потенциала и тока, электрод сравнения потенциалов с токопроводящим мостиком, соединенный с прибором для измерения потенциала, согласно изобретению, источник поляризующего тока представляет собой устройство для получения периодического тока с обратным импульсом, прибор для измерения потенциала представляет собой электронный осциллограф и/или цифровой мультиметр, а исследуемый электрод соединен через токопроводящий мостик с миллиамперметрами с зеркальной шкалой, встроенными в плечи формирователя прямого и обратного импульсов.

Авторами заявленного изобретения установлено, что для определения потенциала нулевого заряда металлической поверхности достаточно определить "мертвую точку" движения стрелки миллиамперметров с зеркальной шкалой в плечах формирователя прямого и обратного импульсов. При этом определяемый осциллографом и/или цифровым мультиметром потенциал соответствует потенциалу нулевого заряда металлического электрода с наивысшей степенью достоверности. Это позволяет зафиксировать параметры и исключить наложение спада кривых при разрыве цепи тиристорным реле по способу, описанному в наиболее близком аналоге.

Кроме того, новизна заявляемого изобретения заключается в том, что отсутствует временной диапазон между разрывом цепи в области прямого и обратного импульсов периодического тока и нет необходимости в двухэтапном измерении потенциала, суммирующегося из стационарного потенциала и показателя точки встречи кривых (ТВК) при разрыве цепи тиристорным реле.

Новизна заявленного изобретения также заключается в том, что установленные параметры тока стабилизируются во временном промежутке периода проведения измерений в одно и то же время как в прямом, так и в обратном направлении тока формирователя импульсов. В этом случае устанавливается электронно-ионный баланс в двойном электрическом слое (д.э.с), что с высокой степенью точности подтверждает прекращение растворения металла с потерей электронов и правильность определения потенциала незаряженной поверхности.

Применение в заявленном изобретении устройства для определения потенциала незаряженной поверхности, позволяет с высокой степенью точности определять потенциал незаряженной поверхности. Применение измерительного моста, состоящего из формирователей прямого и обратного импульсов периодического тока, двух миллиамперметров постоянного тока с зеркальной шкалой, включенных последовательно с формирователями импульсов в плечи моста, микроамперметра, включенного в диагональ измерительного моста, позволяют определять изменение защитного потенциала, а с помощью управляемого резистора и регулятора постоянного тока компенсировать это изменение.

На фиг. 1 изображена схема заявленного устройства, определяющего потенциал незаряженной поверхности и включающего следующие элементы: ванна (1) с электропроводящей средой (2) и размещенными в ней вспомогательным (3) и исследуемым (4) электродами, электрода сравнения (5), расположенного в ячейке (6) с токопроводящим раствором (7), и через токопроводящий мостик (8) соединенного с исследуемым электродом (4), осциллографа и/или цифрового мультиметра (9) для измерения потенциала на исследуемом электроде (4), электронного осциллографа (10), подключенного параллельно эталонному резистору (11) для измерения тока, подаваемого на вспомогательный электрод (3) через выключатель (12) от источника тока (13), соединенного с испытуемым электродом (4).

На фиг. 2 изображена схема заявленного устройства электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, включающего следующие элементы: ванна (1) с электропроводящей средой (2) и размещенными в ней вспомогательным (3) и исследуемым (4) электродами, электрод сравнения (5), расположенный в ячейке (6) с токопроводящим раствором (7), и через токопроводящий мостик (8) соединенный с исследуемым электродом (4), электронный осциллограф и/или цифровой мультиметр (9) для измерения потенциала на исследуемом электроде (4), амперметр (10) для измерения постоянного тока, протекающего через вспомогательный электрод (3), дроссель (15), управляемый резистор (16), соединенный с источником постоянного тока (17) с регулятором (18), второй выход источника тока (17) через выключатель (19), амперметр (10) соединен с вспомогательным электродом (3), источник переменного тока (13), подключенный, в свою очередь, через конденсатор (20), шунтируемый контактом (21), прерыватель (14) с измерительным мостом, состоящим из формирователей прямого (22) и обратного (23) импульсов периодического тока, выключателей (24) и (25), миллиамперметров с зеркальной шкалой (26 и 27), включенных последовательно с формирователями импульсов (22 и 23) в плечи моста, микроамперметра (28) с выключателем (29), включенного в диагональ измерительного моста, и балансировочного управляемого резистора (30), соединенного с испытуемым электродом (4). Второй выход источника (13) пере-

менного тока через выключатель (12) соединен со вспомогательным электродом (3).

Устройство для определения потенциала незаряженной поверхности работает следующим образом.

При замыкании выключателя (12) через замкнутый контакт прерывателя (14) на вспомогательный электрод (3) и испытуемый электрод (4) от источника тока (13) подают периодический ток с обратным импульсом. Через испытуемую электропроводящую среду (2) протекает ток, форму и величину которого регистрирует осциллограф и/или цифровой мультиметр (9). Электронный осциллограф (10) в это время регистрирует падение напряжения между исследуемым электродом (4) и испытуемой электропроводящей средой (2). Балансировочным управляемым резистором осуществляют регулировку подачи тока и определяют мертвую точку движения стрелок миллиамперметров с зеркальной шкалой, встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов периодического тока. В это время фиксируют показатели осциллографа и/или цифрового мультиметра. Эти показатели и являются параметрами потенциала незаряженной поверхности.

Пример конкретного выполнения способа.

В качестве исследуемого электрода брали железный, платиновый и серебряный электроды. Электроды помещали в однонормальный раствор серной кислоты ("ХЧ") при температуре 298 К, в котором находился титановый электрод в качестве вспомогательного электрода. Исследуемый электрод подвергался воздействию поляризующего тока при амплитудной плотности тока прямого и обратного импульсов 500 А/м^2 в течение 40-45 с. Осуществляли регулировку подачи тока и определяли мертвую точку движения стрелок миллиамперметров с зеркальной шкалой, встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов периодического тока. В это время фиксировали показатели осциллографа и/или цифрового мультиметра. Результаты измерений, проведенных с использованием предлагаемых способа и устройства, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исследуемый электрод	Потенциал незаряженной поверхности, определенный заявляемым методом	Потенциал незаряженной поверхности, определенный методом Косова	Потенциал незаряженной поверхности, определенный другими методами	Потенциал незаряженной поверхности, рассчитанный по Антропову Л.И.
Железо	- 0,3857... -0,3866	-0,385...-0,386	-0,37	-0,4
Платина	+ 0,3098... +0,3104	+0,309...+0,311	+0,28	+0,2
Серебро	- 0,6946... -0,6957	-0,694...-0,696	-0,70... -0,80	-0,4

Таким образом, результаты испытаний подтверждают достижение поставленной задачи - повышение точности определения потенциала незаряженной поверхности твердого металлического электрода.

Устройство электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии работает следующим образом.

Напряжение от регулируемого источника переменного тока (13) через выключатель (12) подают на вспомогательный электрод (3), расположенный в ванне (1), а через конденсатор (20) и нормально замкнутый контакт (21) подают через нормально замкнутый прерыватель (14) на мост переменного тока, который с помощью формирователя прямого импульса (22), формирователя обратного импульса (23), формируют прямой и обратный импульсы напряжения, подаваемого через управляемый резистор (30) на электрод (4).

При предварительном подключении активной нагрузки вместо электродов (3 и 4) производят балансировку моста, силу тока прямого и обратного импульсов контролируют миллиамперметрами (26 и 27), а момент установления баланса составляющих периодического тока, достигаемого с помощью балансировочного управляемого резистора (30), контролируют микроамперметром (28).

При подключении ванны (1) с агрессивным раствором по цепи протекает суммарный периодический ток и с помощью микроамперметра 28 регистрируют алгебраическую разность прямого и обратного токов по формуле

$$\Delta i_k = i_k - i_a;$$

где i_k - плотность прямого тока;

i_a - плотность обратного тока при заданной площади электродов;

Δi_k - разность плотностей токов, величина которой оценивается с помощью микроамперметра 28 с точностью до 10^{-7} А (без усиления).

Величина и знак разности (Δi_k) дают информацию об относительном затруднении окислительной или восстановительной реакции в системе металл/данная агрессивная среда, которая служит базовым показателем при поддержании потенциала защиты.

С помощью балансировочного управляемого резистора (30) достигают мертвой точки движения

стрелок на миллиамперметрах с зеркальной шкалой (26 и 27), встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов, на экране электронного осциллографа и/или дигитального мультиметра (9) с высокой точностью определяют потенциал незаряженной поверхности металла в данной агрессивной среде с автоматическим учетом его неоднородности, природы и химического состава.

Для установления величины плотности тока защиты от источника постоянного тока (17), управляемого регулятором (18), через управляемый резистор (16) на электроды (3 и 4) ванны (1) подают постоянное напряжение, при изменении плотности постоянного тока с помощью резистора (16) или регулятора тока (18) устанавливают значение потенциала защиты (φ_z), равное потенциалу незаряженной поверхности металла ($\varphi_{\epsilon=0}$), определенное ранее с использованием данного устройства.

При изменении параметров электропроводящей среды (2) нарушится балансировка измерительного моста и через микроамперметр (28) потечет ток, который будет свидетельствовать об изменении потенциала незаряженной поверхности металлического электрода (4). С помощью регулятора (18) и управляемого резистора (16) добиваются такого положения, когда ток, проходящий через микроамперметр (28), становится равен нулю, что будет свидетельствовать о том, что подаваемый потенциал компенсирует отклонение потенциала защиты поверхности металлического электрода (4) от потенциала незаряженной поверхности ($\varphi_{\epsilon=0}$).

Способ электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии осуществляется следующим образом.

Исследуемый металл помещают в агрессивную среду. Определяют мертвую точку движения стрелок миллиамперметров, встроенных в плечи формирователя прямого и обратного импульсов периодического тока. Измеряют величину потенциала обращения заряда поверхности металла относительно выбранного электрода сравнения в системе металл-раствор - потенциала незаряженной поверхности. В случае изменения параметров внешней среды вновь измеряют потенциал незаряженной поверхности и на испытуемый металл от источника постоянного тока подают поляризующий ток, компенсирующий изменение величины защитного потенциала путем смещения его от стационарного значения (φ_{st}) до (φ_z).

Пример осуществления изобретения.

Испытуемые электроды, изготовленные из железа, алюминия, меди и титана, поочередно загружают в 1N водный раствор H_2SO_4 , воду из Черного моря и водопроводную воду г. Кишинева следующего состава (см. табл. 2).

Таблица 2. Примерная минерализация воды

Место водозабора	Ионы, мг/л							Общая, мг/л
	Na^+, K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Fe^{3+}	
Черное море г. Одесса	5530	246	648	9629	88	1305		17446
Молдова г. Кишинев	58,7 97,6	72.5	19,5	од	203	56	0,11	507,51

В ванну (1) помещают титановый анод и один конец мостика из агар-агара, второй конец соединительного мостика погружают в ячейку (6) с насыщенным раствором хлористого калия, где находился хлорсеребряный электрод сравнения (5), фиксируют мертвые точки движения стрелок миллиамперметров с зеркальной шкалой (26 и 27) и измеряют величину, которая соответствует потенциалу нулевого заряда, при этом определяют плотность защитного тока (i_z), выдерживают металл под защитным потенциалом в течение 120 ч при $T=298$ К и после взвешивания оценивают эффективность электрохимической защиты металла от коррозионного разрушения (результаты см. в табл. 3) в каждой среде.

Таблица 3. Результаты испытаний, предлагаемых способа и устройства для защиты металлов от коррозионного разрушения при температуре 298 К

Наименование агрессивной среды	pH среды	Металл	φ_{z_0} В	i_c А/м ²	i_z А/м ²	$\gamma = i_c/i_z$	z , %
1N раствор H ₂ SO ₄	2,2	Fe	-0,385	0,45530	0,03285	16,36050	92,7
		Al	-0,510	1,47450	0,06500	22,68555	95,5
		Cu	-0,265	0,29565	0,03120	9,47620	89,4
		Ti	-0,410	0,01615	0,00085	19,02348	94,7
Вода Черного моря	7,6...7,7	Fe	-0,425	0,34920	0,01885	18,52490	94,8
		Al	-0,570	0,93843	0,04635	20,24607	89,1
		Cu	-0,160	0,11875	0,00940	12,63121	92,1
		Ti	-0,470	0,01095	0,00045	23,79418	95,8
Вода из водопровода г. Кишинева	7,4...7,8	Fe	-0,495	0,18220	0,00715	25,48325	96,0
		Al	-0,555	0,22945	0,00830	27,64338	95,9
		Cu	-0,170	0,06215	0,00290	21,43865	95,3
		Ti	-0,455	0,00573	0,00020	28,64231	96,5

Как показали результаты осуществления заявленного способа и устройства при защите железа, алюминия, меди и титана в различных агрессивных средах, коэффициент торможения коррозии увеличивается при переходе от 1N раствора серной кислоты к воде из водопровода г. Кишинева для Fe от 16 до 25, для Al от 22 до 27, для Cu от 9 до 21, для Ti от 19 до 28; при этом степень защиты, например, железа в кислой среде при использовании предлагаемого способа и устройства составляет 92,7%, что свидетельствует об эффективности и целесообразности практического применении изобретенного способа защиты металла от коррозии и устройства для его осуществления.

Заявленное изобретение обладает следующими преимуществами:

при защите от коррозии используют определенные в лабораторных условиях параметры потенциала нулевого заряда, устанавливают и автоматически поддерживают установленные параметры защиты с точностью до + -1 мВ;

защиту осуществляют малыми токами, которые практически исключают выделение водорода на поверхности защищаемого металла;

при установлении и автоматическом поддержании потенциала нулевого заряда на поверхности металла формируют защитную пленку, состоящую из солей металлов, находящихся в электролите, толщиной 15-25 мкм с характеристиками диэлектрика (сопротивлением более 30 Мом), что позволяет довести КПД СКЗМТ до 96-98% без использования пассивной защиты (грунтовок, красок, лаков и др.);

формируют защитную пленку на поверхности защищаемого металла, что позволяет до 10 и более раз уменьшить потребление электроэнергии;

после 3-4 недель от момента начала защиты объектов (время формирования защитной пленки) в системе металл/агрессивная среда устанавливается динамическое равновесие, при котором прекращается разрушение защищаемого металла и анода, а сам защищаемый металл входит в индифферентное состояние;

формирование защитной пленки позволяет довести до минимума загрязнение почвы и водных объектов продуктами коррозии;

при потенциале нулевого заряда, установленного на поверхности защищаемого металла, напряженность в поверхностных слоях кристаллической решетки металла стремится к нулю и прочность поверхностного слоя металла принимает самую прочную структуру (эффект Ребиндера);

распространение потенциала по поверхности металла при работе малыми токами происходит практически без затухания, что на практике позволяет сократить количество станций катодной защиты на протяженных объектах;

работа малыми токами позволяет уменьшить сечение используемых кабелей при монтаже Станции Катодной Защиты режима Малых Токов (СКЗМТ);

отсутствует необходимость припусков толщины стенок металлоконструкций на коррозию и, как следствие, к сохранности недр;

установка выполнена по SMD-технологии, позволяющей повысить надежность станции, уменьшить ее габариты и вес до макс. 7 кг;

двойной защитой встроенных на входе и выходе варисторами и супрессорами осуществляется защита электроники от прямого попадания электрического разряда (молнии);

программное обеспечение построено на операционной системе Android;

выставление рабочих параметров защиты осуществляется по беспроводному соединению Bluetooth с любого гаджета, работающего на операционной системе Android;
 возможно использование всех существующих средств телеметрии (GPS, GPRS, GSM, RS-485 и др.);
 автоматическая запись и архивирование параметров защиты объекта происходит каждые 3 с 24/7;
 двойное выпрямление тока привело к максимально возможному снижению показателя импульсности и равно не более 0,1;
 применение специальной пасты на основе силикона для защиты электронных плат позволяет использовать станции в самых экстремальных температурных режимах, от -65 до +90°C;
 антивандальные корпуса из специального литого алюминия имеют максимальную степень защиты IP69.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии, при котором измеряют потенциал в системе металл-раствор, определяют величину защитного потенциала, от внешнего источника постоянного тока на металл подают защитный потенциал и автоматически поддерживают его величину, с помощью источника постоянного тока компенсируют отклонение потенциала защиты от потенциала незаряженной поверхности металла, отличающийся тем, что при изменении параметров окружающей среды измеряют величину потенциала нулевого заряда металла по мертвой точке движения стрелок миллиамперметров, а защитный потенциал устанавливают равным потенциалу нулевого заряда поверхности.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что упомянутые миллиамперметры имеют зеркальную шкалу.

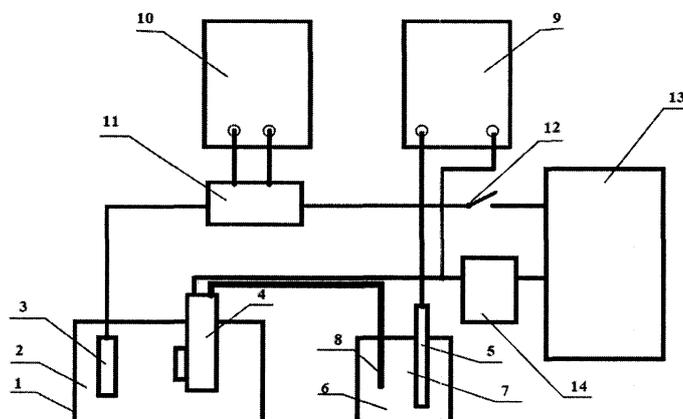
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что упомянутые миллиамперметры встроены в плечи формирователя прямого и обратного импульсов.

4. Устройство для электрохимической защиты конструкционных металлов от коррозии способом по пп.1-3, включающее устройство для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла, источник постоянного тока с регулятором и управляемым резистором, дроссель и конденсатор для разделения цепей периодического и постоянного токов, измерительный мост для определения и контроля потенциала незаряженной поверхности металла и два миллиамперметра постоянного тока с зеркальной шкалой, включенные последовательно с формирователями импульсов в плечи моста.

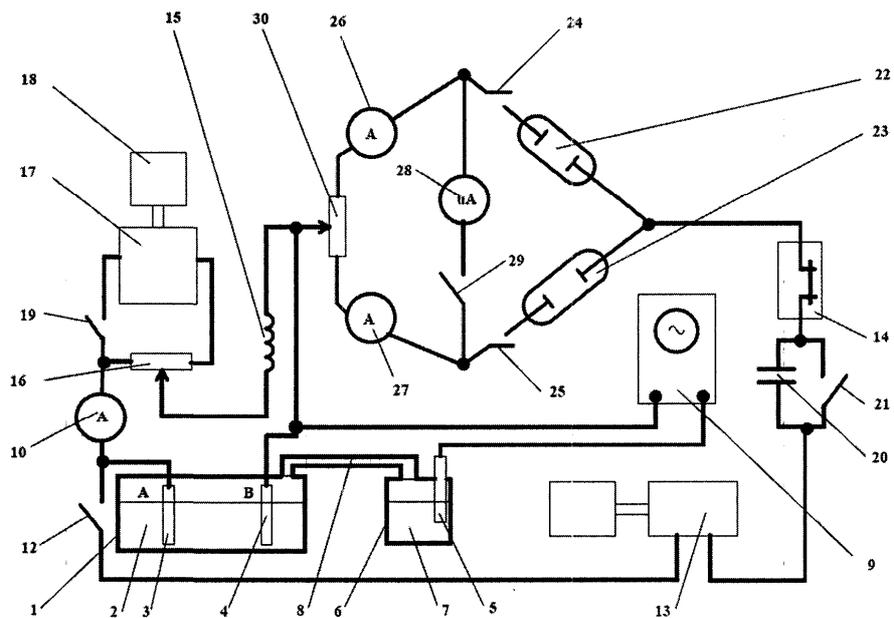
5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в упомянутом устройстве для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла источник поляризуемого тока представляет собой устройство для получения периодического тока с обратным, регулируемым по амплитуде и продолжительности импульсом.

6. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в упомянутом устройстве для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла исследуемый электрод соединен через токопроводящий мостик с миллиамперметрами.

7. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в упомянутом устройстве для определения потенциала незаряженной поверхности твердого металла прибор для измерения потенциала представляет собой электронный осциллограф и/или цифровой мультиметр.



Фиг. 1



Фиг. 2