



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43130 (13) A

(51) 7 G01R19/00, C23F13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДЗЕМНОЇ СПОРУДИ

(21) 2001031462

(22) 02.03.2001

(24) 15.11.2001

(33) UA

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Джала Роман Михайлович

(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В. КА-
РПЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УК-
РАЇНИ, UA

(57) 1. Спосіб визначення поляризаційного потенціалу підземної споруди, за яким підключають вольтметр до металу споруди та електрода порівняння, міряють різницю потенціалів "споруда-земля" $U_{с.з.}$, міряють змінну напругу $V_{с.з.}$ при цьому ж підключенні вольтметра, за величиною змінної напруги оцінюють омичне падіння потенціалу, яке віднімають від вимірної різниці потенціалів, який

відрізняється тим, що додатково встановлюють заземлений електрод, підключають його через опір до металу споруди, міряють падіння потенціалу U_r та змінну напругу V_r на опорі, поляризаційний потенціал споруди обчислюють за формулою

$$U_n = U_{с.з.} - V_{с.з.} \frac{U_r}{V_r}.$$

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що додатково вихідну напругу установки катодного захисту, яка діє в зоні контролю, модулюють сигналом низької частоти.

3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що додатково до металу споруди і додаткового заземлення підключають генератор, збуджують змінну напругу між спорудою і землею.

Винахід відноситься до електрозахисту від корозії підземних металевих споруд, а саме до способів мірвання поляризаційного потенціалу трубопроводів, резервуарів та інших конструкцій і може бути використаний при їх корозійних обстеженнях.

Відомі способи мірвання потенціалів підземних споруд, за якими підключають вольтметр між металом споруди і вимірювальним електродом порівняння [1]. При такому способі у вимірну величину потенціалу входить омичне падіння потенціалу в середовищі між металом споруди і електродом порівняння.

Для вилучення омичного падіння потенціалу відомі компенсаційні і релаксаційні методи [1]. За компенсаційним методом між спорудою і додатковим електродом подають струм, величину і поляриність якого регулюють, добиваючись відсутності струму через вимірювальний електрод порівняння [2], при компенсації поляризуючого струму омичне падіння напруги виключається. Але компенсуючий струм може змінити потенціал поверхні металу, що контролюють. Крім цього, недоліками компенсаційних способів є складність вимірювальних схем та копітка процедура регулювання.

Релаксаційні методи (виключення, переключення) потребують обладнання кожної катодної установки спеціальними переривачами-комутаторами і їх синхронізації [1], що ускладнює процедуру вимірювань, їм властиві похибки, спричинені

затримками моменту мірвання, вирівнювальними струмами, гетерогенністю системи метал-ізоляція-грунт, блукаючими струмами, які неможливо виключати. Крім цього, методом виключення можна визначати поляризаційну складову потенціалу лише на достатньо короткому і добре ізольованому трубопроводі з малим витіканням струму [1].

Відомі також способи мірвання електродного потенціалу підземної споруди з використанням допоміжного електрода, який встановлюють на рівні залягання підземної споруди, поблизу встановлюють електрод порівняння. Допоміжний електрод електрично з'єднують з спорудою через спеціальний переривач, міряють потенціал допоміжного електрода у період його відключення від споруди [1]. За аналогічним відомим способом допоміжний електрод встановлюють безпосередньо на споруду, електрично ізолюють від неї, міряють потенціал споруди відносно електрода порівняння, розміщеного на поверхні землі над спорудою, міряють потенціали допоміжного електрода відносно того ж електрода порівняння при включеному і при виключеному електрозахисті, потенціал споруди визначають віднімаючи різницю вимірних потенціалів допоміжного електрода від вимірного потенціалу споруди [3], встановлюють на поверхні землі додатковий електрод порівняння і міряють різницю потенціалів між електродами порівняння при включеному і виключеному електрозахисті, обчис-

люють поправочний коефіцієнт, який множать на різницю потенціалів допоміжного електрода [3].

Недоліком цих способів є потреба стаціонарного розміщення електродів під землею, оскільки проводити земляні роботи при кожному мірянні надто трудомісно. Але з часом електроди змінюють свій потенціал, що спричинює додаткові похибки. Використання допоміжного електрода дозволяє визначати потенціал споруди лише у місці його встановлення, що обмежує можливість обстежень, коли треба контролювати потенціал у багатьох точках вздовж протяжних споруд (трубопроводів).

Найближчим до винаходу є спосіб вилучення омичної складової за змінним струмом, описаний в [4] (прототип). Міряють напругу змінного струму між об'єктом і вимірювальним зондом. Вважають, що при двопівперіодному випрямленні струму (станцією катодного захисту) пульсуючу напругу приблизно можна представляти такою, що коливається за синусоїдальним законом з максимальним значенням U_2 вдвоє меншим від максимального (амплітудного) значення U_1 напруги пульсацій; тоді при мірянні ефективного значення:

$$U_1 = 2U_2 = 2\sqrt{2}U_{2\text{эф}}. \quad (1)$$

Середнє значення синусоїдально змінної величини:

$$U_0 = 2U_1/\pi,$$

отже, омичний спад напруги за прототипом оцінюють як:

$$U_c = 4\sqrt{2}U_{2\text{эф}}/\pi = 1,8U_{2\text{эф}}. \quad (2)$$

За поляризаційний потенціал приймають різницю між напругою "споруда-зонд" та приблизно визначеним омичним падінням напруги [4]:

$$U_p = U_{c.з.} - 1,8 U_{2\text{эф}}. \quad (3)$$

Недоліками цього способу (прототипу) є неточне визначення омичної складової потенціалу і обмежена придатність його використання. Вказане вище співвідношення (1) наближене, отже вносить похибку в кінцевий результат. Зокрема, при ідеальному двопівперіодному випрямленні співвідношення між амплітудами пульсацій U_1 та найбільшої змінної складової U_2 випрямленого струму [5] маємо:

$$U_1 = 3\pi U_2/4 = 2,356U_2. \quad (4)$$

Отже, тут похибка формули (1) становить 17%. При можливому іншому співвідношенні амплітуд (наприклад, внаслідок несиметричності випростувача) похибка буде іншою. Крім цього, співвідношення між складовими пульсуючого струму змінюється з віддаленням від джерела (внаслідок впливу реактивних складових опору структури). Тому вилучати омичний потенціал за прототипом допустимо лише для споруд з малою індуктивністю (для малих конструкцій і резервуарів та дуже коротких трубопроводів), коли не згладжуються пульсації випрямленого струму і справедливе певне співвідношення між постійною і змінною складовими. І ще, у формулах (2) і (3) не враховується омична складова напруги, спричинена струмами інших джерел.

Технічною задачею винаходу є створення процедури (послідовності дій) вимірювання поляризаційного потенціалу підземної металевої споруди шляхом міряння постійної і змінної напруг та вилучення омичного падіння потенціалу з метою визначення потенціалу поверхні металу (електродного

потенціалу) відносно середовища для контролю захисту від корозії.

Для вирішення поставленої задачі підключають вольтметр до металу споруди та електрода порівняння, міряють різницю потенціалів "споруда-земля" $U_{c.з.}$, міряють змінну напругу $V_{c.з.}$ при цьому ж підключенні вольтметра, за величиною змінної напруги оцінюють омичне падіння потенціалу, яке віднімають від вимірної різниці потенціалів, додатково встановлюють заземлений електрод, підключають його через опір r до металу споруди, міряють падіння потенціалу U_r та змінну напругу V_r на опорі r , поляризаційний потенціал споруди обчислюють за формулою:

$$U_n = U_{c.з.} - V_{c.з.} \frac{U_r}{V_r}. \quad (5)$$

Додатково вихідну напругу установки катодного захисту (УКЗ), яка діє в зоні контролю, модулюють сигналом низької частоти.

Додатково до металу споруди і додаткового заземлення підключають генератор, збуджують змінну напругу між спорудою і землею.

Суттєвими ознаками способу є міряння постійної і змінної напруг між підземною спорудою і електродом порівняння, встановлення заземленого електрода, підключення його через опір до споруди, міряння постійної і змінної напруг на опорі, формула обчислення поляризаційного потенціалу а також модулювання вихідної напруги установки катодного захисту чи додаткове підключення до споруди генератора змінної напруги.

Міряння різниці потенціалів "труба-земля" (постійної напруги) відоме і використовується в техніці контролю електрохімічного захисту [1-4] трубопроводів; міряння змінної напруги між об'єктом (спорудою) і зондом (електродом) описане у прототипі [4], проте практичне використання його у техніці корозійних обстежень невідоме. Підключення опору до споруди і заземленого електрода та міряння спаду напруг (постійної і змінної) на опорі з метою вилучення омичної складової різниці потенціалів невідомі ні в аналогів, ні у прототипі, отже відповідають критерію "суттєві відмінності", а в сукупності вони невідомі у техніці, отже відповідають критерію "новизна".

Пропонована нова формула визначення поляризаційного потенціалу отримана автором на основі результатів аналізу постійної і змінної напруг на ділянках електричного кола метал-поверхневий шар-середовище (грунт) та аналізу пропонованої схеми (процедури) вимірювань.

Процедури модулювання вихідної напруги УКЗ чи збудження змінної напруги відомі у вимірвальній техніці для створення тестуючого сигналу, проте їх використання для визначення поляризаційного потенціалу невідомі і відповідають критерію "суттєві відмінності".

Спосіб пояснюється фігурою, на якому показано розміщення електродів біля підземної споруди та схема їх підключення до вольтметра. На фіг. представлені підземна споруда (труба) T , електрод порівняння E , заземлення $З$, перемикач P з контактами 1 і 2, опір r , контакт M з металом споруди, вольтметр V .

Фізичною основою даного способу є велика ємність подвійного електричного шару на поверхні

металу (границі метал-середовище), яка шунтує поляризаційний опір поверхні металу на змінному струмі, у результаті чого поляризаційний потенціал на змінному струмі не проявляється [6]. При цьому, опір середовища (яке оточує споруду), та з'єднувальних проводів на низьких частотах має характер активного, не залежить від частоти і співпадає з їх опором на постійному струмі. Для малої (порівняно з довжиною електромагнітної хвилі) зони контролю реактивним опором середовища можна знехтувати. При низьких частотах струму можна також знехтувати ємнісною провідністю ізоляційного покриття і враховувати лише його активну провідність (опір).

Таким чином, на постійному струмі I маємо:

$$U_{c.3} = U_{\pi} + U_c = I(R_{\pi} + R_c), \quad (6)$$

а на змінному струмі J низької частоти:

$$V_{c.3} = V_c = J R_c. \quad (7)$$

Співвідношення величин змінного J і постійного I струмів, що протікають між металом споруди і середовищем, визначаємо за відношенням вимірів відповідних спадів напруг на додатковому опорі r , включеним між трубою і заземленням 3 , зробленим з такого ж металу, що і споруда. Маємо:

$$\frac{J}{I} = \frac{J_r}{I_r} = \frac{V_r}{U_r}. \quad (8)$$

Згідно виразів (6) і (7) можна записати:

$$\frac{U_c}{I} = \frac{V_{c.3}}{J}. \quad (9)$$

На основі виразів (6), (8) і (9) отримуємо формулу (5).

Приклад конкретного використання.

Підключають вольтметр V до споруди (підземного сталевго трубопроводу) T через контрольний мірний пункт (КМП) - контакт M та через контакт I переключателя P - до мідносльфатного електрода (МСЕ) порівняння E , який встановлюють на поверхні землі (фіг.). Міряють різницю потенціалів (постійну напругу) $U_{c.3}$. Переключають вольтметр на мірвання змінної (100 Гц) напруги і міряють $V_{c.3}$. Встановлюють сталевий електрод-заземлення 3 та підключають його через опір r до контакту M споруди. Підключають вольтметр V до опору r через контакт 2 переключателя і міряють падіння напруг: постійної U_r і змінної V_r . Нехай отримали виміри: $U_{c.3} = -1,5$ В, $V_{c.3} = 0,3$ В, $U_r = -0,36$ В, $V_r = 0,2$ В. Обчислюють поляризаційний потенціал споруди за формулою (5): $V_{\pi} = -1,5 - 0,3 (-0,36/0,2) = -0,96$ В.

Зіставляючи отриманий поляризаційний потенціал $-0,96$ В з нормативними (для конкретних умов) вимогами, визначають стан електрохімічного захисту від корозії у місці контролю споруди. Для сталевго підземного трубопроводу отриманий результат знаходиться у межах норм захисту.

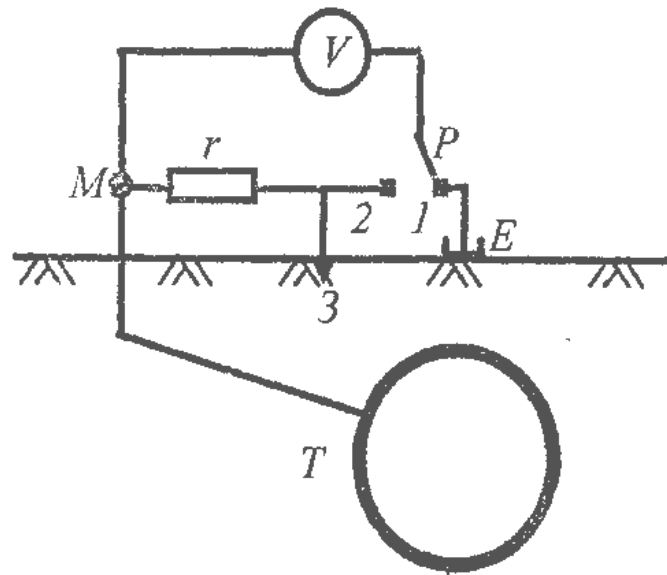
У випадку відсутності змінної складової напруги на виході УКЗ включають модулятор з частотою в діапазоні 10-100 Гц. При відсутності у зоні контролю діючої УКЗ використовують генератор змінного струму, який підключають до металу споруди та додаткового заземлення, віднесеного від споруди на відстань не менше 10 м, що має значно перевищувати відстані від споруди T до E та 3 .

Практичне використання пропонованого способу передбачає застосування вольтметра постійної і змінної напруг (на частоті 100 Гц працюють вольтметри апаратури БИТ-КВ та приладу ОПТ+В2, розроблені у ФМІ НАН України), використання першої гармоніки (100 Гц) випрямленого пульсуючого струму у станції катодного захисту. При відсутності останньої використовують генератор і вольтметр настроєний на його частоту. Придатні ті ж прилади, що використовуються для обстежень підземних трубопроводів.

Перевагами пропонованого способу є простота процедури мірвання і алгоритму обчислень (у порівнянні з аналогами), а також - вилучення омичних складових, спричинених струмами різних джерел, які можуть діяти у зоні контролю (на відміну від релаксаційних методів та прототипу, де враховуються струми лише тих джерел, які апріорі відомі контролерові). Ці переваги, підвищують оперативність обстежень, вірогідність "результату і зменшують похибки контролю поляризаційного потенціалу.

Джерела інформації.

1. Методы контроля и измерений при защите подземных сооружений от коррозии / Н.П. Глазов, И.В. Стрижевский, А.М. Калашникова и др. - М.: Недра, 1978. - 215 с.
2. А.с. 744345, СССР. М.Кл.² G01R19/00 // C23F13/00. Способ измерения поляризационного потенциала подземных конструкций / Н.П. Глазов, Б.С. Дуков, Б.В. Сидоров. Бюл. 24, 30.06.1980.
3. А.с. 819731, СССР. М.Кл.³ G01R19/00, C23F13/00. Способ определения потенциала подземного сооружения / В.А. Ловачев, К.Л. Шамшединов. - Бюл. 13, 07.04.1981.
4. Расчет и измерение потенциалов трубопроводов / В.Ф. Забара, А.С. Соколов, А.В. Забара. - Харків: Харків, 1992. - 131 с. (с. 80-81 - прототип).
5. Джала Р.М., Вербенець Б.Я., Коваль Р.І., Хоменко І.П. Контроль розподілу струмів станцій катодного захисту в підземних трубопроводах за допомогою апаратури БИТ-К // Нафт. і газ. пром-ть. - 1996. - № 2. - С. 47-48.
6. Дикмарова Л.П., Джала Р.М. Математичні моделі підземного трубопроводу в задачах корозійного контролю // Проблеми управління і інформатики. 2000. - № 1. - С. 54-63, (с. 59).



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22
