

Роман ДЖАЛА, Ярослав ПІДГІРНЯК

ВИМІРЮВАЧ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ У МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79060. E-mail: dzhala@ipm.lviv.ua*

Roman DZHALA, Yaroslav PIDHIRNYAK

DEVICE FOR THE ELECTRIC FIELD MEASURING IN THE MARINE ENVIRONMENT FOR CONTROL OF CORROSION PROTECTION OF STEEL STRUCTURES

*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine
5, Naukova Str., Lviv, 79060, Ukraine. E-mail: dzhala@ipm.lviv.ua*

ABSTRACT

A device for measuring electric field designed to control the parameters of corrosion protection of steel structures equipment in marine environments.

New contact device for electric field measuring in the marine environment is describe. It uses contact electrodes in combination with hydrodynamic extension cords as the dielectric tube. Measurement is carried out in two stages (the measuring device is in two states - open and closed). The change of the state of the meter is provided by a dielectric barrier, located in the cleft between the closed ends of hydrodynamic extension cords. This provided by a constructive immutability of the gap between the closed end of the dielectric tube and the surface of the dielectric barrier. It is shown that to reduce measurement error of the electric field in the marine environment caused by incomplete shortening of researched field with a dielectric barrier in its open state, sections of contact electrodes must be placed in a plane perpendicular to the direction of the measured field. Dielectric barriers of known marine electric field meters cannot provide full shortening of the field because of their geometry.

Developed dielectric barrier with new geometry provides full shortening of measuring field. For this purpose dielectric barrier was provided with slots made on different sides of it, they are placed opposite to contact electrodes. However, the depth of each of the slots is greater than half of the thickness of the dielectric barrier by the size of the gap between the closed end of the dielectric tube and dielectric barrier. Moving dielectric barrier causes a change in electrolytic circles meter. When inserting a dielectric barrier in the gap between the closed end of the dielectric tube measuring of the sum of voltages of investigated field and the potential difference between electrodes happens. With this placement of dielectric barriers, the voltage caused by investigated field on the open ends of the dielectric tubes (its value is determined by the length of the dielectric pipes and tension of investigated electric field) and tension caused by the contact potential difference between the electrodes is applied to the electrodes. In the process of extraction of the dielectric barrier from the gap between the pipes ends dielectric stress caused by the contact potentials difference between the electrodes is applied to electrodes. In this position of the dielectric barrier voltage induced by the stress of investigated electric field equals zero because of the measuring base of contact electrodes zero equality. Further subtraction of voltages measured by electrodes in each of the states of the dielectric barrier allows calculating a value of stress of the field of the investigated signal.

The paper describes a design of the device which consists of two coaxial dielectric tubes with its open ends inserted into the environment, where measurement of investigated electric field takes place. Closed ends of coaxial dielectric tubes located opposite to each other. The closed ends have through holes, which are placed symmetrically relative to the center of the closed end of the dielectric tube. Hydro channels with contact electrodes are placed inside holes. Between the closed ends of the tubes is a narrow gap with dielectric barrier inside. The dielectric barrier has slots which are taken by hydro channels. Cross-sections of hydro channels are situated in the same plane in the middle of a narrow gap. Between dielectric barrier and closed ends of the dielectric pipes is a gap with constant size no matter what state dielectric barrier is in.

KEY WORDS: *electric field, marine environment, electrodes, contact difference of potentials, measurement, measurement error, hydro switch.*

Розроблення пристрою для вимірювань електричного поля (ЕП) у морському середовищі перспективне для контролю параметрів стану захисту від корозії металевих конструкцій газонафтопромислового обладнання у морських умовах.

Інформація про ЕП необхідна під час гідрофізичних та геофізичних вимірювань, при проведенні біологічних, океанографічних досліджень Світового океану. Тому проблемі вимірювань ЕП присвячена низка науково-технічних досліджень і розробок, значна частина яких відображена у працях [1-3].

Відомі пристрої для вимірювання ЕП у морському середовищі [1] включають у себе контактні електроди, нестабільність власної електрорушійної сили яких є джерелом похибки вимірювання поля, що обмежує можливості їх застосування. Існують різноманітні способи її зменшення [2]. Суть їх полягає в тому, щоб провести вимірювання поля у дві стадії. В одній вимірюється сума досліджуваного поля і контактної різниці потенціалів електродів, у іншій – тільки контактна різниця потенціалів. Різниця результатів цих двох вимірювань і є величина досліджуваного електричного поля.

Різнманітні реалізації такого підходу до вимірювання ЕП мають ті чи інші недоліки експлуатаційного, метрологічного чи енергетичного характеру. Зокрема, застосування гідроперемікачів для зменшення похибки вимірювання вимагає герметизації заслонки. Це ускладнює мінімізацію енергоспоживання та забезпечення довгострокової експлуатації в автономному режимі. Відомий пристрій, призначений для вимірювання напруженості ЕП в електроліті [3], і забезпечує стабільне довготермінове вимірювання поля за мінімального енергоспоживання. Він складається з двох діелектричних труб, що мають відкриті кінці, виведені у зовнішнє середовище, та закриті кінці, звернені один до одного і розділені вузькою щілиною, в якій знаходиться плоска діелектрична перепона, що має два робочі стани (закритий і відкритий) і з обох сторін якої є однакові проміжки. При цьому в закритих кінцях діелектричних труб є вікна з гідроканалами, у яких знаходяться контактні електроди.

Недоліком такого пристрою є те, що діелектрична перепона в одному зі станів (відкритому) при вимірюванні власної електрорушійної сили електродів шляхом закорочування досліджуваного ЕП. Це закорочування здійснюється не повністю. Причиною цього є те, що зрізи гідроканалів, у яких розміщені електроди, рознесені в просторі і не можуть бути поміщені в площині, перпендикулярній до напрямку досліджуваного поля, через особливості конструкції.

Значення абсолютної похибки вимірювання електричного поля для такого вимірювача можна виразити формулою

$$\Delta E = E\delta, \quad (1)$$

де δ – товщина щілини між патрубками.

Зменшення похибки вимірювання ЕП у морському середовищі можна досягнути, за безпечивши повне закорочування досліджуваного поля у відкритому стані діелектричної перепони. Такий результат досягається завдяки зміні форми діелектричної перепони [4].

Запропоновано пристрій (рис. 1), який містить дві діелектричні труби 1; 2, відкриті кінці яких 3; 4 виведені у зовнішнє середовище, а закриті кінці 5; 6 звернені один до одного, у кінцях 5; 6 є вікна 7; 8, які розміщені симетрично відносно центру заритого кінця діелектричних труб, у вікнах розміщені гідроканали 9; 10 з контактними електродами 11; 12, між закритими кінцями труб 5; 6 є щілина 13, у якій поміщено діелектричну перепону 14, що має пази 15; 16, в які заходять гідроканали 9; 10 і зрізи гідроканалів 17; 18 знаходяться в одній площині посередині 19 вузької щілини 13, між діелектричною перепону 14 і закритими кінцями діелектричних труб є проміжок 20; 21, який зберігається при всіх розміщеннях діелектричної перепони.

Діелектрична перепона 14 переміщаючись періодично перекриває просвіт між контактними електродами 11, 12. Напруга на контактних електродах 11, 12 визначається виразом

$$U = EL + \Delta\psi, \quad (2)$$

де E – напруженість електричного поля у момент вимірювання; L – значення бази пристрою в момент вимірювання; $\Delta\psi$ – власна електрорушійна сила контактних електродів.

Перекривання діелектричною перепону просвіту між електродами змінює базу пристрою, що викликає модуляцію напруги на контактних електродах. У закритому стані діелектричної перепони (просвіт між електродами перекритий) до контактних електродів 11, 12 прикладена напруга

$$U_1 = E_1 L_1 + \Delta\psi_1, \quad (3)$$

де E_1 – напруженість вимірюваного ЕП у момент, коли провіт між електродами перекритий діелектричною перепоною, L_1 – база вимірювання в цей момент; $\Delta\psi_1$ – власна контактна різниця потенціалів електродів в цей момент.

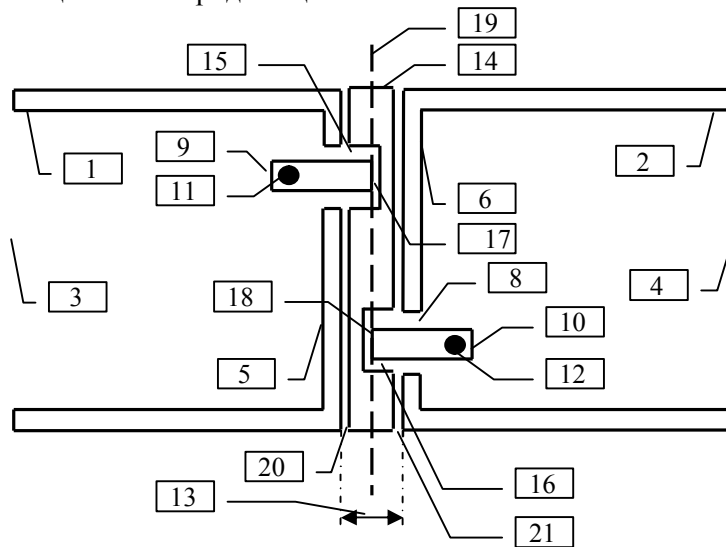


Рис. 1. Пристрій для вимірювання електричного поля у воді.

Fig. 1. Device for measuring of electric field in the water.

При відкритому стані діелектричної перепоны, коли провіт між електродами не перекритий, маємо напругу

$$U_2 = (E_1 + \Delta E) L_2 + \Delta\psi_2, \quad (4)$$

де L_2 – база вимірювання при відкритому стані діелектричної перепоны; $\Delta\psi_2$ – власна контактна різниця потенціалів електродів у цей момент.

Значення напруженості ЕП у момент, коли провіт між електродами перекритий, визначається з (3) і (4) виразом

$$E_1 = (U_1 - U_2)/m L_1 + \Delta E (1-m)/m - (\Delta\psi_1 - \Delta\psi_2)/m L_1, \quad m = (L_1 - L_2)/L_1. \quad (5)$$

З формули (5) видно, що точність вимірювання напруженості електричного поля E_1 тим більша, чим більше m . У нашому випадку конструктивно забезпечено значення $L_2 = 0$, тому $m = 1$ і похибка вимірювання поля є мінімально можливою.

ВИСНОВКИ

Удосконалено морський сенсор електричного поля з негерметичною заслонкою комутатора. Поліпшено його метрологічні характеристики шляхом застосування фігурної заслонки комутатора. Використання запропонованого пристрою для вимірювання електричного поля в морському середовищі дає змогу проводити довготермінові вимірювання поля з більшою точністю при низьких енергозатратах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Filloux J.N. Just rumantation end experiment methods for oceanic studies // Geomagnetism, Vol. 1.– 1987. – P. 143-248.
2. Зимин Е.Ф., Кочанов Э.С. Измерение параметров электрических и магнитных полей в проводящих средах. – М.: Энергоиздат, 1985. – 256 с.
3. АС № 1594453 СССР. Датчик для измерения напряженности электрического поля в электролите / Богородский М.М., Жданов М.С., Мельцер А.Я., Підгірняк Я.Е., Симоненко Г.Б., Сопрунюк П.М. – Оубл. БИ 1990, № 35.
4. Патент UA 95140 U. МПК G 01R 29/12. Пристрій для вимірювання електричного поля в електроліті / Р.М. Джала, Я.Є. Підгірняк, М.І. Мельник, О.М. Семенюк / ФМІ НАН України: – Заявка у 201407390 – Подано 01.07.2014 – Оубл. 10.12.2014, Бюл. № 23.