

УДК 621.317

Гонсьор О.Й.*к.т.н., доцент**кафедра автоматизації тваринництва, якості та стандартизації**Факультет механіки та енергетики**Львівський національний аграрний університет**Дубляни, Україна***E-mail :** gonsor.oksana@gmail.com**Гарасимчук І.Д.***к.т.н., доцент**кафедра енергетики та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі***Панцир Ю.І.***к.т.н., доцент**Інженерно-технічний факультет**Подільський державний аграрно-технічний університет.***Козак О.В.***к.т.н., в.о. доцента**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** igor_gera@mail.ru**E-mail :** panzir_yuriy@mail.ru**E-mail:** oceanalex@gmail.com

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПИТНОЇ ВОДИ

В даній статті проаналізовано проблему стабільності метрологічних характеристик стандартних зразків в процесі зберігання та під час вимірювання параметрів якості питної води.

Встановлено, що з допомогою методу вимірювання адмітансу можна визначити електричні параметри стандартних зразків у вигляді окремих електричних параметрів багатоелементного двополюсника неелектричної природи, яким можна подати воду. Наведено основні етапи метрологічного забезпечення контролю якості питної води. Вирішення проблеми ґрунтується на вимірюванні параметрів імідансу об'єкта контролю, що подається у вигляді багатоелементного двополюсника. Перелічено основні проблеми вимірювання об'єктів неелектричної природи електричними методами. Проаналізовано вплив ємності подвійного шару та імідансу Варбурга на інформативні параметри, а також наведено схеми заміщення первинного перетворювача із врахуванням приелектродних ефектів.

Ключові слова: адмітанс, метрологічне забезпечення, стандартний зразок, схема заміщення, питна вода.

Вступ. Проблема якості питної води в даний час перетворилася на одну з найактуальніших проблем людства. Загальновідомим фактом є те, що якість питної води впливає на стан здоров'я населення, оскільки вода є основною речовиною, яку споживає людина. Тому необхідно забезпечити належний контроль показників якості питної води. Перспективним напрямом в даній сфері є контроль електричних параметрів питної води, за якими можна судити про рівень інших показників якості неелектричної природи, таких як мінералізація, твердість. При цьому необхідно забезпечити точність та відтворюваність результатів вимірювань.

Одним із методів оцінювання рівня якості продукції, зокрема питної води, є порівняння досліджуваного показника із базовим (стандартним) зразком.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні ряд робіт українських науковців присвячені загальним аспектам метрологічного забезпечення якості продукції

[1, 2], зокрема, цікавими є праці [3, 4], де проаналізовано проблему удосконалення метрологічного забезпечення вимірювання електрофізичних параметрів об'єктів неелектричної природи а також стабільності метрологічних характеристик стандартних зразків в процесі зберігання та під час вимірювання. Розвитку теорії метрологічного забезпечення присвячені дисертаційні роботи [5-7], де досліджуються проблеми підвищення ефективності метрологічного забезпечення якості продукції, впливу метрологічного забезпечення на якість продукції, окреслюються основні задачі метрологічного забезпечення та показано, що їх вирішення зводиться до організації процесів: забезпечення якості вимірювань та забезпечення ефективності вимірювань.

Мета. Велика роль при контролі якісних параметрів води належить метрологічному забезпеченню випробувань, оскільки отримання достовірної інформації про значення показників якості і безпеки об'єктів, відповідність їх параметрів, встановлених в результаті випробувань, вимогам нормативної документації багато в чому визначається відповідністю характеристик застосовуваних засобів і методів випробувань, у тому числі метрологічних характеристик засобів вимірювань і методик виконання вимірювань, вимогам до параметрів випробовуваного об'єкту, що пред'являються в нормативній документації [8].

Під час контролю електрофізичних параметрів питної води виникає проблема збереження стандартних зразків для порівняння досліджуваного показника з базовим та мір для відтворення фізичних величин.

Методологія. Під час проведення досліджень особлива увага зверталася на вимірювання повної провідності води – адмітансу, значення якого корелює з вмістом розчинених солей у воді, а, отже, з твердістю та мінералізацією. Тому важливим є покращення метрологічного забезпечення контролю якості води шляхом вдосконалення стандартних зразків та методики виконання вимірювання на основі імпедансометрії.

Результати. Метрологічне забезпечення - установа та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань. Метрологічне забезпечення складається із наукової, законодавчої, нормативної, технічної та організаційної основ.

Технічною основою метрологічного забезпечення є, зокрема:

- система стандартних зразків складу та властивостей речовин та матеріалів;
- система робочих ЗВТ, які використовуються під час розроблення, виробництва, випробувань та експлуатації продукції, наукових досліджень та інших видів діяльності [9].

Застосування даного методу дозволить занести в пам'ять комп'ютера інформацію про електричні параметри стандартних зразків у вигляді електричних параметрів багатоелементного двополюсника, якими їх подають. Такими параметрами є активна та реактивна складова електропровідності (адмітанс), виміряні з допомогою RLC-метра на різних частотах. Для цього стандартний зразок води слід подати через значення адмітансу, виміряного відповідним засобом за належних умов. Такий підхід уніфікує показники якості базового зразка, відповідні засоби контролю та методику виконання вимірювання для оцінювання якості.

Електрична модель досліджуваного зразка питної води в електролітичній комірці матиме вигляд, поданий на рис. 1.

В наведеній еквівалентній схемі C_1 та G_1 – ємність та електропровідність ($G_1 = \frac{1}{R_1}$), що є інформативними параметрами, через які можна виразити комплексну провідність (адмітанс), C_2 та G_2 – неінформативні параметри, що спричиняють похибку вимірювання.

Для усунення неінформативних параметрів дослідження доцільно проводити на змінному струмі та високих частотах.

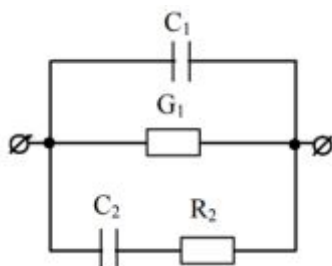


Рис. 1. Еквівалентна електрична схема досліджуваного зразка неелектричної природи

При здійсненні таких вимірювань важливим елементом є первинний вимірювальний перетворювач – імпедансний сенсор (імпеданс об'єкту – величина, обернена до адмітансу, тому можна використовувати обидва терміни паралельно). Від технічних параметрів сенсорів залежать вимоги до електричної схеми. Узагальнена структурна схема для здійснення таких вимірювань матиме наступний вигляд (рис. 2):

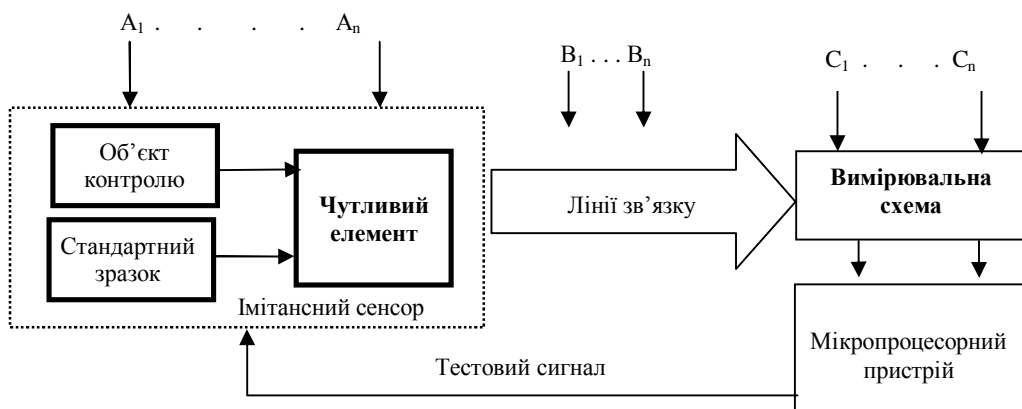


Рис. 2. Узагальнена структурна схема вимірювань при контролі якості питної води за електричними параметрами

Основними вузлами вимірювального засобу є імпедансний сенсор, лінія зв'язку та вимірювальна схема. Досліджуваний та базовий зразки питної води разом з чутливим елементом, що безпосередньо контактує з фізичною величиною утворюють імпедансний сенсор (первинний перетворювач). Він під дією тестового сигналу (рівень та частота) перетворює воду, що є неелектричною фізичною величиною в електричну величину ємнісного характеру. При цьому в реальних умовах на всі вузли вимірювальної схеми діють зовнішні фактори ($A_1 \dots A_n$, $B_1 \dots B_n$, $C_1 \dots C_n$). Це, зокрема, кліматичні та механічні умови, неінформативний адмітанс, вплив електричних та магнітних полів, ін.

Вимірювання за спрощеними схемами заміщення об'єкта контролю, а також вимірювання на одній частоті тестового сигналу призводить до виникнення методичних похибок та зужує застосування таких моделей для контролю якості. Тому доцільно

проводити вимірювання в діапазоні різних частот.

Наприклад, візьмемо досліджувану пробу питної води з провідністю Y_x та помістимо її в електричне коло змінного струму. На різних частотах $\omega 1 \dots \omega n$ виміряємо активну $Re(Y_x)$ та реактивну $Im(Y_x)$ складові провідності. Отримаємо такі результати:

$$\begin{array}{llll} Re(Y_x) \omega 1 & Re(Y_x) \omega 2 & \dots & Re(Y_x) \omega n \\ Im(Y_x) \omega 1 & Im(Y_x) \omega 2 & \dots & Im(Y_x) \omega n \end{array}$$

Для того щоби оцінити відповідність (чи невідповідність) досліджуваного зразка питної води вимогам нормативно-технічної документації, отримані результати слід порівняти з тими, що отримані при дослідженні стандартного (базового) зразка з провідністю Y_0 – питної води найвищої якості, а саме:

$$\begin{array}{llll} Re(Y_0) \omega 1 & Re(Y_0) \omega 2 & \dots & Re(Y_0) \omega n \\ Im(Y_0) \omega 1 & Im(Y_0) \omega 2 & \dots & Im(Y_0) \omega n \end{array}$$

Отримані результати досліджень проби води будуть відрізнятися від базових. Щоб визначити, чи дана проба питної води придатна до вживання, тобто чи її показники знаходяться в допустимих межах, слід провести дослідження такого зразка води, показники якості якого є гранично допустимими Y_n .

$$\begin{array}{llll} Re(Y_n) \omega 1 & Re(Y_n) \omega 2 & \dots & Re(Y_n) \omega n \\ Im(Y_n) \omega 1 & Im(Y_n) \omega 2 & \dots & Im(Y_n) \omega n \end{array}$$

Таким чином отримаємо межі, в яких повинні знаходитись результати досліджень якості питної води.

В даному випадку можна застосувати контроль за диференційним методом оцінювання якості, визначаючи відношення між реактивними та активними складовим Y_x та Y_0 в діапазоні частот $\omega 1 \dots \omega n$. Тоді отримаємо:

$$\begin{array}{lll} \frac{Im(Y_x)_{\omega 1}}{Im(Y_0)_{\omega 1}} = k_1 & \frac{Im(Y_x)_{\omega 2}}{Im(Y_0)_{\omega 2}} = k_2 & \dots, \frac{Im(Y_x)_{\omega n}}{Im(Y_0)_{\omega n}} = k_n \\ \frac{Re(Y_x)_{\omega 1}}{Re(Y_0)_{\omega 1}} = r_1 & \frac{Re(Y_x)_{\omega 2}}{Re(Y_0)_{\omega 2}} = r_2 & \dots, \frac{Re(Y_x)_{\omega n}}{Re(Y_0)_{\omega n}} = r_n \end{array}$$

де $r_1 \dots r_n$ – відношення активних складових;

$k_1 \dots k_n$ – відношення реактивних складових.

Наближення коефіцієнтів k_n та r_n до 1 свідчить про наближення рівня якості досліджуваного зразка питної води до якості стандартного зразка. На основі зазначеного, можна сформулювати такі етапи метрологічного забезпечення контролю якості питної води (рис. 3) [1]:



Рис. 3. Етапи метрологічного забезпечення

Висновки. На основі результатів вимірювання адмітансу води можна створювати електричні моделі стандартних зразків для води різного призначення чи різного гатунку із сталими значеннями їх електричних параметрів. Це дозволяє покращити стан метрологічного забезпечення в процесі контролю та оцінювання якості води.

Застосовуючи диференційний метод, можна створювати оперативні засоби контролю якості води за її електричними параметрами.

Список використаних джерел

1. Герасим, М. Р. Метрологічне забезпечення якості продукції [Текст] / М. Р. Герасим, Т.З. Бубела // Міжнародна науково-технічна конференція «Якість технологій – якість життя» / Технологічний аудит та резерви виробництва, ISSN 2226-3780, – Перемишль, Польща. – 2014. – №1/4 (15). – С. 14-15.
2. Микійчук, М. М. Метрологічне забезпечення якості продукції [Текст] / М. Микійчук, П. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2009. – № 70. – С. 160-164.
3. Походило, Є.В. Метрологічне забезпечення імітансного контролю якості продукції [Текст] / Є. В. Походило, С. Є. Остапчук, М. Р. Герасим // Міжнародна науково-технічна конференція «Системи – 2013. Термографія і термометрія, метрологічне забезпечення вимірювань та випробувань». Тези доповідей / за ред. проф. Б. І Стадника, проф. Б. Венцика, проф.

П.Г. Столярчука. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – С.183.

4. Герасим, М. Р. Розвиток метрологічного забезпечення вимірювання електрофізичних параметрів об'єктів кваліметрії неелектричної природи [Текст]: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Львів, 2014. – 20 с.

5. Походило, Є. В. Розвиток теорії та принципів побудови вимірювачів імітансу об'єктів кваліметрії [Текст]: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук, Львів, 2004. – 40 с.

6. Микійчук, М. М. Метрологічне забезпечення якості продукції на стадії виготовлення [Текст] : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук, Львів, 2012. – 40 с.

7. Гоц, Н. Є. Науково-технічні засади метрологічного забезпечення термометрії за інфрачервоним випромінням [Текст]: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук, Львів, 2013. – 40 с.

8. Електронні ресурси: <http://www.gosthelp.ru> [Text] /Metrologicheskoeobespeche.html.

9. Про метрологію та метрологічну діяльність [Текст]: [закон України: офіц. текст: за станом на 5 червня 2014 року]. – К. : Парламентське вид-во, 2014. – 22 с.

References

1. Mykyjchuk, M.M., & Stoljarchuk, P. (2009). Metrologichne zabezpechennja jakosti produkciï [Metrological assurance of product quality]. *Vymirjuval'na tehnika ta metrologija*, 70, 160-164.

2. Gerasym, M. R., Bubela, T.Z. (2014). Metrologichne zabezpechennja jakosti produkciï [Metrological assurance of product quality]. *Tehnologichnyj audyt ta rezervy vyrobnyctva*, 1/4 (15), 14-15.

3. Pohodylo, Je. V., Ostapchak, S.Je., & Gerasym M.R. (2013). Metrologichne zabezpechennja imitansnogo kontrolju jakosti produkciï [Development of metrological provision of measuring the electrical parameters of objects of non-electrical nature qualimetry]. Paper presented at the meeting «Systemy – 2013. Termografija i termometrija, metrologichne zabezpechennja vymirjuvan' ta vyprobuvan'» in University «Lviv Polytechnic». Lviv.

4. Herasym, M.R. (2014). *Rozvytok metrolohichnoho zabezpechennja vymiriuvannia elektrofizychnykh parametrov ob'ektiv kvalimetrii neelektrychnoi pryrody* [Development of metrological provision of measuring the electrical parameters of objects of non-electrical nature qualimetry] (*Unpublished master's thesis*). LNAU, L'viv.

5. Pohodylo, Je.V. (2004). *Rozvytok teorii' ta pryncypiv pobudovy vymirjuvachiv imitansu ob'ektiv kvalimetrii* [Development of the theory and principles of construction of objects immittance meters qualimetry] (*Unpublished master's thesis*). LNAU, L'viv.

6. Mykyjchuk, M. M. (2012). Metrologichne zabezpechennja jakosti produkciï na stadii vygotovlennja [Metrological product quality assurance at the manufacturing stage] (*Unpublished PhD thesis*). LNAU, L'viv.

7. Goc, N.Je. (2013). *Naukovo-tehnichni zasady metrologichnogo zabezpechennja termometrii' za infrachervonym vyprominennjam* [Scientific and technical basis of metrological support for infrared thermometry] (*Unpublished doctoral dissertation*). LNAU, L'viv.

8. Pomoshch po HOSTAm [Help with GOST] (<http://www.gosthelp.ru/Metrologicheskoeobespeche.html>).

9. Zakon Ukraïny Pro metrologiju ta metrologichnu dijal'nist' [On metrology and metrological activity], 30 Law, Ukraine, § 1008 (2014).

Дата надходження статті до редакції: 18.01.2016,

рецензування : 29.01.2016, прийняття в друк 29.02.2016.

Received : 18.01.2016 1st Revision: 30.01.2016 Accepted: 29.02.2016

Oksana Gonsor
PhD (Techn.),
Associate Professor

*Department of automation livestock, quality and
standardization*

*Faculty of Mechanics and Energy
Lviv National Agrarian University
Dublyany, Ukraine*

E-mail : gonsor.oksana@gmail.com

Igor Garasymchuk
PhD (Techn.),
Associate Professor
Juryj Pancyr
PhD (Techn.),
Associate Professor
Alexandr Kozak
PhD (Techn.),
Associate Professor

*Department of Energy and electrical systems in agriculture
Engineering Faculty
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamenets-Podilskiy, Ukraine*
E-mail: igor_gera@mail.ru
E-mail: panzir_yuriy@mail.ru
E-mail: oceanalex@gmail.com

METROLOGICAL ENSURING CONTROL OF ELECTRICAL PARAMETERS OF DRINKING WATER

Currently, the problem of drinking water quality is important. A promising trend in the industry is controlling the electrical parameters of drinking water (admittance). It correlates with indicators of quality non-electric nature as salinity, hardness and others. It is also necessary to ensure the accuracy and reproducibility of measurement results. Extensive coverage is given to the measuring water admittance, which value correlates with the content of dissolved salts in the water and consequently with hardness and salinity. Therefore, it is important to ensure improved metrological control of water quality by improving the standard samples and the methods of measurement based on impedance. It was established that the admittance measuring electrical parameters can define standard samples as separate electrical parameters of multielement two-terminal non-electrical nature, which can provide water. Application of this method allows you to put in the memory of the computer information on the electrical parameters of the standard samples in the form of a multi-element two-terminal electrical parameters with which they are served. These parameters are active and reactive component of the electrical conductivity (admittance), measured by the RLC-meter at different frequencies. To do this, a standard water sample must be submitted through the value of the admittance, measured by suitable means in normal. This approach unifies the underlying sample quality indices, appropriate controls and methods of measurement for quality assessment. The solution is based on the measurement of admittance parameters of the test object, it is served in the form of a multi-element two-terminal network. It listed the main problems of measurement of non-electrical nature of the objects by electric methods. The influence of the double layer capacitance and Warburg impedance on informative parameters is analyzed, and the schemes of equivalent circuit of the primary device based on electrode effects are given.

Keywords: admittance, metrological support, the standard model, equivalent circuit, drinking water.

Оксана Гонсьор
к.т.н., доцент

*кафедра автоматизации животноводства, качества
и стандартизации
Факультет механики и энергетики
Львовский национальный аграрный университет
Дубляны, Украина*
E-mail : gonsor.oksana@gmail.com

Игорь Гарасимчук
к.т.н., доцент
Юрий Панцир
к.т.н., доцент
Александр Козак
к.т.н., и.о. доцента

*кафедра энергетики и электротехнических систем
в агропромышленном комплексе
Инженерно-технический факультет
Подольский государственный аграрно-технический
университет
Каменец-Подольский, Украина*
E-mail: igor_gera@mail.ru
E-mail: panzir_yuriy@mail.ru
E-mail: oceanalex@gmail.com

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

В данной статье проанализировано проблему стабильности метрологических характеристик стандартных образцов в процессе хранения и при измерении параметров качества питьевой воды. Установлено, что с помощью метода определения адмитанса можно определить электрические параметры стандартных образцов в виде отдельных электрических параметров многоэлементного двухполюсника неэлектрической природы, которым можно изобразить воду. Приведены основные этапы метрологического обеспечения контроля качества питьевой воды.

Решение проблемы основывается на измерении параметров иммитанса объекта контроля, подается в виде многоэлементного двухполюсника. Перечислены основные проблемы измерения объектов неэлектрического природы электрическими методами. Проанализировано влияние емкости двойного слоя и импеданса Варбурга на информативные параметры, а также приведены схемы замещения первичного преобразователя с учетом приэлектродных эффектов.

Ключевые слова: адмитанс, метрологическое обеспечение, стандартный образец, схема замещения, питьевая вода.

УДК 621.313.33

Гречин Д.П.
к.т.н., доцент
Дробот І.М.
старший викладач
Герман А.Ф.
старший викладач

*кафедра електротехнічних систем
Факультет механіки та енергетики
Львівський національний аграрний університет
Львів, Україна*

E-mail: hrechynd@urk.net

E-mail: i.drobot@yandex.ua

E-mail: german_and@meta.ua

Дубік В.М.
к.т.н., доцент

*кафедра енергетики та електротехнічних систем в АПК
Інженерно-технічний факультет
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ymdubick@gmail.com*

ВПЛИВ РОЗМІРІВ ПАЗА РОТОРА НА ВЕЛИЧИНУ ПУСКОВОГО МОМЕНТУ КОРОТКОЗАМКНЕНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Стаття присвячена обґрунтуванню форми і розмірів пазу ротора короткозамкненого асинхронного двигуна, призначеного для приводу механізмів з пульсуючим навантаженням, а також механізмів, які працюють в повторно-короткочасних режимах. Суттєвий вплив на величину пускового моменту має поверхневий ефект, який посилюється за рахунок збільшення висоти пазу ротора і зменшення площі у його верхній частині. На прикладі конкретного двигуна проведений аналіз впливу розмірів трапецеїдального пазу ротора, що звужується у верхній частині, на величину пускового моменту двигуна для різних значень індукції у найвужчій частині зубця ротора. Для цих випадків обчислені кратності пускового моменту і пускового струму. Вибрана оптимальна форма і розміри пазу ротора, що забезпечують максимальну величину пускового моменту.