

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ВОДИ

Гонсьор О.Й., к.т.н.

Львівський національний аграрний університет.

Тел.: 8(032)2242957

Анотація – в даній статті досліджено метод контролю показників якості води за параметрами імітансу із використанням чотириелектродної кондуктометричної комірки. Здійснено аналіз схем заміщення а також похибок, що виникають при вимірюваннях. Запропоновано способи їх усунення.

Ключові слова – контроль, показники якості води, імітанс, кондуктометрична комірка, похибка вимірювань.

Постановка проблеми. Для оцінювання якісних параметрів складу та властивостей води важливими є методи, які дозволяють автоматизувати контроль якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. Особливий інтерес представляють електрохімічні методи аналізу, зокрема кондуктометрія, які ґрунтуються на використанні електрохімічних процесів, що протікають у електролітичній комірці. При цьому важливою проблемою є усунення впливу похибок на результат вимірювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно [1], мінералізація M визначається при дослідженні показників фізіологічної повноцінності питної води і нормується в таких межах: $(100 \leq M \leq 1000)$ мг/дм³.

Нормовані величини мінералізації приблизно відповідають питомій електропровідності 2-3 мСм/см (1000–1500 мг/дм³). В загальному вимірювання імітансу – це швидкий, надійний та недорогий спосіб вимірювання кількості іонних сполук [2]. Контроль якісних параметрів води за імітансом використовується при очищенні води з допомогою електрохімічної коагуляції, а також в мембранних системах очистки води, що працюють за принципом зворотного осмосу [3]. При контролі якості питної води методом іонної хроматографії теж використовують кондуктометричні вимірювання. Як видно з вище сказаного, імітанс – важливий параметр, що характеризує ступінь очищення та якість води. Тому дуже важливо забезпечити точне вимірювання даного параметра, компенсувати чи усунути всі неінформативні параметри та похибки, які з ними пов'язані.

Формулювання цілей статті. Вимірювання електропровідності здійснюють на змінному струмі [4], оскільки це забезпечує усунення процесу

електролізу в процесі вимірювання. В цьому випадку еквівалентну схему електролітичної комірки зображують наступним чином (рис 1):

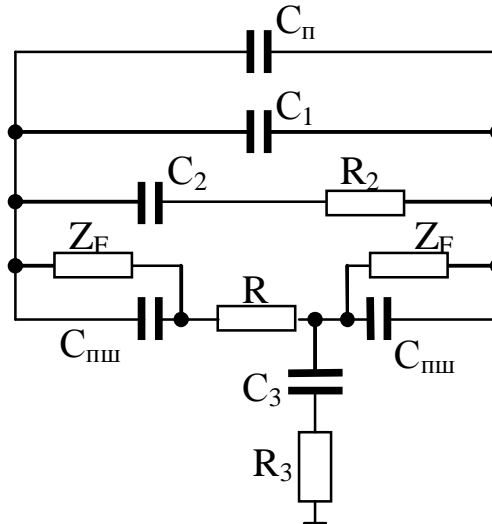


Рис. 1. Електрична еквівалентна схема електролітичної комірки

На даній схемі C_1 – ємність провідників, C_2 , R_2 – ефект Паркера, C_3 , R_3 – ємність та опір, зумовлені витокком через термостат. Кожен з електродів змодельований у вигляді паралельного з’єднання ємності подвійного електричного шару $C_{\pi\pi\pi}$ та імпедансу Фарадея Z_F . Імпеданс Z_F виникає внаслідок повільних процесів переносу електронів або збільшенням чи зменшенням кількості іонів на поверхні електроду (може змінювати ефективну напругу, прикладену до електрода). Між електродами зображено опір розчину електроліту (води), із врахуванням ємності провідників та ємності макроконденсатора, утвореного електродами. Крім цього, змінний струм може протікати через діелектрик, через рідину термостата та досягати повторного вводу в комірку, обминаючи основний об’єм води в комірці. Це ефект Паркера, який можна змодельувати у вигляді послідовно з’єднаних ємності та опору. Нарешті, в еквівалентній схемі враховується витікання струму через термостат на землю. Отже, при використанні цього методу аналізу можуть виникати численні похибки, які спричиняються невдалою конструкцією електролітичної комірки, близьким розташуванням проводів, що йдуть від електродів, поляризаційним опором та ін. Тому розробка схеми, в якій би компенсувалися впливи неінформативних параметрів є актуальною та важливою проблемою.

Виклад основного матеріалу. В працях [5, 6] показано, що багато неінформативних параметрів при вимірюванні електропровідності з допомогою двоелектродної кондуктометричної комірки можна усунути, здійснюючи вимірювання на високих частотах. Проте похибка від поляризації електродів залишається. Дану проблему можна вирішити, застосовуючи чотириелектродні кондуктометричні комірки (ЧЕК) (рис. 2).

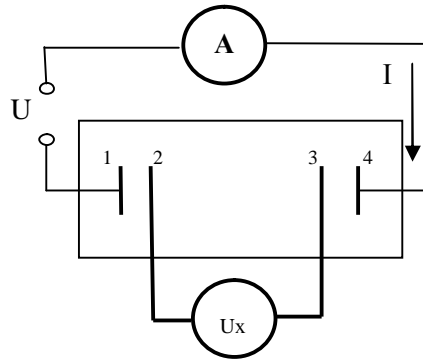


Рис 2. Схематична будова ЧЕК

Чотириелектродна електролітична комірка має два струмові (1, 4) та два потенціальні (2, 3) електроди. До струмових електродів підводиться стабілізований змінний струм. Поляризація завжди буде спостерігатися на струмових електродах. Потенціальні електроди розміщені в глибині рідини, де поляризації вже немає. При вимірюванні напруги компенсаційним методом усувається поляризація електродів та відповідна похибка (за умови, що струм через таку комірку буде стабільним та не викликати теплових ефектів, а підключений до потенціальних електродів вимірювальний пристрій не споживатиме струму, тоді електроди 2 та 3 не будуть поляризуватися).

Еквівалентна схема чотириелектродної електролітичної комірки, яка використовується для контролю якості питної води за електричними параметрами зображена на рис. 3.

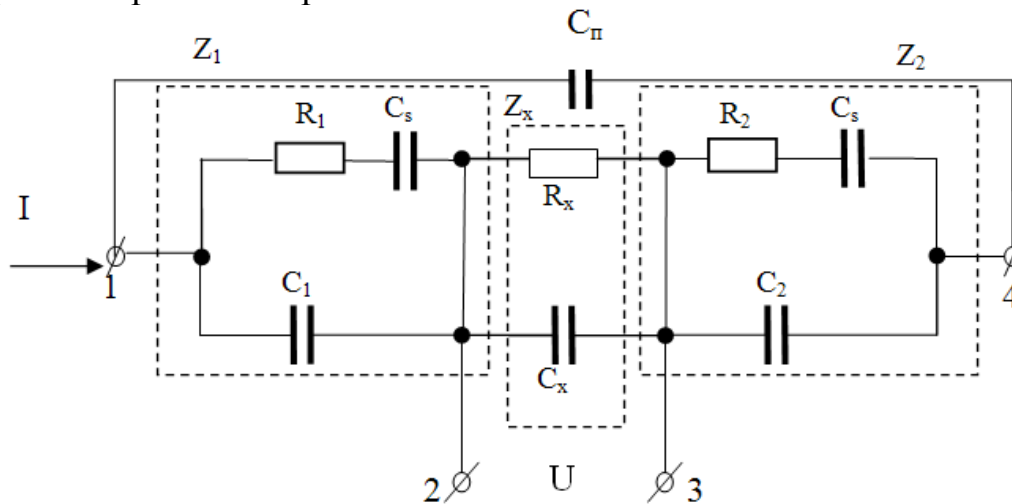


Рис. 3. Еквівалентна електрична схема ЧЕК.

В наведеній еквівалентній схемі (рис. 3) 1, 4 – струмові електроди, 2, 3 – потенціальні.

$$Z_1 = \frac{1}{Y_1}, \quad Z_2 = \frac{1}{Y_2}, \quad Z_x = \frac{1}{Y_x} \quad (1)$$

Приймемо, що вплив ємностей, спричинених неінформативними параметрами C_{II} та C_S усунуті апаратними методами, тобто $C_{II} = C_S = 0$.

Опори R_1 , R_2 та ємності C_1 , C_2 пов'язані з концентраційною поляризацією. Ємності C_1 , C_2 зумовлені ємністю подвійного шару зарядів на межі електрод-розчин. Опір Z_X в основному являє собою паралельну схему заміщення ємнісного характеру з елементами R_X та C_X .

Ємнісна складова зумовлена переміщенням зарядів один відносно другого на електродах, що проходить при змінах струму в розчині електроліту; активна складова - це опір електроліту. Ємності C_1 та C_2 - ємності подвійного шару, які є нестабільними і їх вплив необхідно усунути в процесі вимірювання.

Схему заміщення (рис. 3) можна описати наступним виразом

$$Y_{12} = \frac{G_x \left[1 + 2 \frac{G C_x^2}{G_x C^2} + \frac{G_x^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + 2 \frac{G_x}{G} \right) \right] + j\omega C_x \left[1 + 2 \frac{C_x}{C} + \frac{G^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + 2 \frac{G_x^2 C}{G C_x} \right) \right]}{1 + 4 \frac{C_x}{C} \left(1 + \frac{C_x}{C} \right) + 4 \frac{G_x^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + \frac{G}{G_x} \right)}, \quad (2)$$

звідки виділимо активну та реактивну складові, тобто:

$$Re(Y_{12}) = G_x \frac{1 + 2 \frac{G C_x^2}{G_x C^2} + \frac{G_x^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + 2 \frac{G_x}{G} \right)}{1 + 4 \frac{C_x}{C} \left(1 + \frac{C_x}{C} \right) + 4 \frac{G_x^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + \frac{G}{G_x} \right)}, \quad (3)$$

$$Im(Y_x) = j\omega C_x \frac{1 + 2 \frac{C_x}{C} + \frac{G^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + 2 \frac{G_x^2 C}{G C_x} \right)}{1 + 4 \frac{C_x}{C} \left(1 + \frac{C_x}{C} \right) + 4 \frac{G_x^2}{\omega^2 C^2} \left(1 + \frac{G}{G_x} \right)}. \quad (4)$$

Аналіз виразу (3) показує, що активна складова адмітансу залежить від співвідношення між активними складовими приелектродного та інформативного адмітансів.

Усуває вплив приелектродних ємностей запропонована схема вимірювального перетворювача параметрів чотириелектродної комірки (рис. 4). Пристрій виконано на основі перетворювача "імітанс-напруга" з виведенням за межі вимірювального кола неінформативного приелектродного імпедансу Z_1 та Z_2 .

Для перетворювача (рис. 4) інформаційна \dot{U}_x та опорна \dot{U}_0 напруги, відповідно, описуються виразами

$$\dot{U}_x = \dot{U}_1 \frac{R_0}{Z_1 + Z_x} = \dot{U}_1 \frac{R_0}{Z_x} \frac{1}{1 + \frac{Z_1}{Z_x}}, \quad (5)$$

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_1 \frac{Z_x}{Z_1 + Z_x} = \dot{U}_1 \frac{1}{1 + \frac{Z_1}{Z_x}}, \quad (6)$$

де \dot{U}_1 - напруга джерела тестового сигналу ДТС,

R_0 - зразковий опір, ОП1 та ОП2 - операційні підсилювачі.

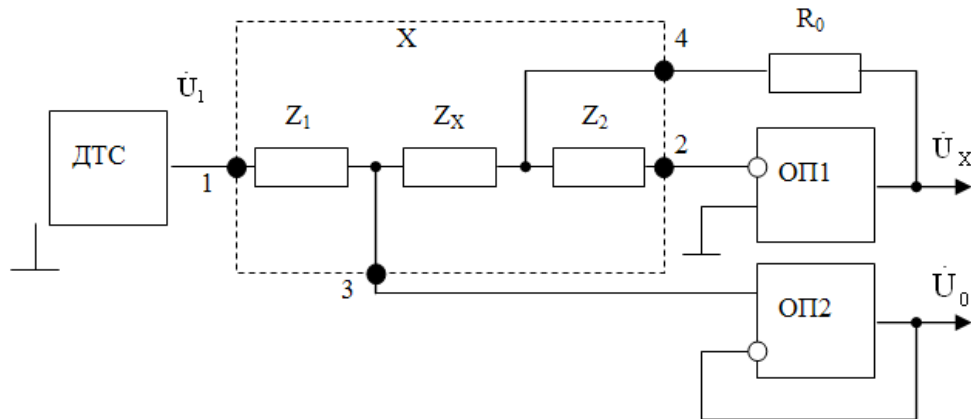


Рис. 4. Схема перетворювача провідності ЧЕК в напругу

Розділивши (5) на (6), та врахувавши, що $1/Z_x = Y_x$, отримаємо вираз:

$$\frac{\dot{U}_x}{\dot{U}_0} = R_0 Y_x. \quad (7)$$

Даний вираз показує, що за співвідношенням інформаційної та опорної напруги, знаючи R_0 , можна визначити досліджуваний показник якості води (електропровідність Y_x) з необхідною точністю.

Висновки. Електропровідність води є важливим інтегральним показником її якості, тому важливим завданням є забезпечити її вимірювання з необхідною точністю. Це можливо при застосуванні чотириелектродних кондуктометричних комірок та схеми вимірювання, в якій неінформативний приелектродний імпеданс виведений за межі вимірювального кола.

Література

1. Державні Санітарні Правила і Норми “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” № 136/1940-96. 32 с.;
2. Худякова Т.А. Кондуктометрический метод анализа / Т.А. Худякова, А.П. Крешков. – М.: Высшая школа, 1975. – 208 с.;
3. Пат. 6001244 США, МПК6 В 01 D 61/12. Performance water purification system. Anthony Pipes, Salter Edwin Christopher. № 09/113786.;
4. Дамаскин Б.Б. Практикум по электрохимии / Б.Б. Дамаскин. – М., Высшая школа, 1991. – 287 с.;
5. Гонсьор О.Й. Контроль мінералізації води за параметрами адмітансу / О.Й. Гонсьор // Вісник Львівського національного аграрного університету «Агроінженерні дослідження». – 2008. № 12, том 2 – С. 605-610.;
6. Гонсьор О.Й. Дослідження впливу неінформативних параметрів на вимірювання інтегральних показників якості води / О.Й. Гонсьор // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва». – 2009. – Випуск 79. – С. 229 – 238.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ИММИТАНСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕТЫРЕХЭЛЕКТРОДНОЙ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

Гонсьор О.Й.

Аннотация

В данной статье исследован метод контроля показателей качества воды за параметрами иммитанса с использованием четырехэлектродной кондуктометрической ячейки. Проведен анализ схем замещения, а также погрешностей, которые возникают при измерениях. Предложены способы их устранения.

METHOD OF CONTROL WATER QUALITY INDEXES

O.Gonsor

Summary

In this article the method of control water quality indexes is investigated after the immitance parameters with apply of four-electrode conductometry cell. The charts substitution is examined, and also uncertainty of measurement. The methods of their removal are offered.