

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ВИМІРЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ

Гонсьор О.Й. ст. викл.

(Львівський національний аграрний університет)

В даній статті досліджено вплив неінформативних параметрів на вимірювання активної та реактивної складових електропровідності питної води. Описано математичну модель електролітичної комірки. Наведено графічні інтерпретації проведених досліджень.

Постановка проблеми. Вимірювання значень важливих показників якості питної води, як правило, здійснюється хімічними, фізико-хімічними чи електричними методами. При цьому в електричних методах все зводиться до вимірювань одного із параметрів імітансу (імпедансу чи адмітансу), за яким оцінюють певну властивість води. При цьому на результат вимірювань впливає ряд неінформативних параметрів, що призводить до виникнення похибки вимірювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Імітанс - узагальнена (інтегральна) характеристика досліджуваного зразка питної води, за якою можна оцінити її мінералізацію, концентрацію сульфатів, неорганічних кислот, оксидів сірки, сірководню та ін. Дані показники нормуються діючими нормативними документами [1, 2].

Імітансний метод використовується при очищенні води з допомогою електрохімічної коагуляції [3], а також в мембранних системах очистки води, що працюють за принципом зворотного осмосу [4]. При контролі якості питної води методом іонної хроматографії теж використовують кондуктометричні вимірювання. Як видно з вище сказаного, електропровідність – важливий

показник, що характеризує ступінь очищення та якість питної води. Тому актуальним є розвиток як теорії кондуктометричних вимірювань, так і вдосконалення технічних засобів для їх реалізації.

Постановка завдання. Основою теоретичного аналізу реалізації імітансного методу вимірювань є схема заміщення (електрична модель) об'єкту контролю неелектричної природи. У нашому випадку таким об'єктом є кондуктометрична комірка з водою. Відомо [5, 6], що вимірювання електропровідності води доцільно проводити на змінному струмі. В такому випадку воду можна подати у вигляді багатоелементного двополюсника, параметри елементів якого адекватно відображали б одиничні показники якості. Цей багатоелементний двополюсник слід помістити в електричне коло змінного струму [7, 8].

Виклад основного матеріалу. При здійсненні таких вимірювань важливим елементом є первинний вимірювальний перетворювач – імітансний сенсор. Від технічних параметрів сенсорів залежать вимоги до електричної схеми. Узагальнена структурна схема для здійснення таких вимірювань матиме наступний вигляд (рис. 1):

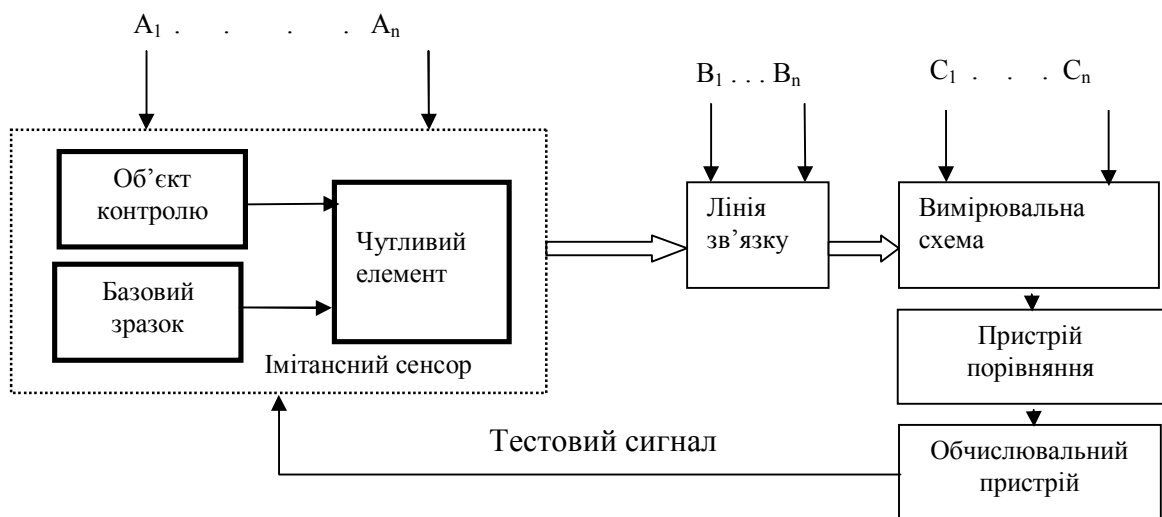


Рис. 1. Узагальнена структурна схема вимірювань при контролі якості питної води за електричними параметрами

Основними вузлами вимірювального засобу є імітансний сенсор, лінія зв'язку та вимірювальна схема. Досліджуваний та базовий зразки питної води

разом з чутливим елементом, що безпосередньо контактує з фізичною величиною, утворюють імітансний сенсор (первинний перетворювач). Він під дією тестового сигналу (рівень напруги 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, неінформативний імітанс, вплив електричних та магнітних полів та ін.

Для зменшення методичних похибок доцільно проводити вимірювання в діапазоні різних частот. При цьому дослідження ведуться і за активною і за реактивною складовими в діапазоні частот. В ході експериментів виявлено, що при контролі електричних параметрів якості за реактивною складовою чутливість набагато вища, ніж при визначенні активної складової. А це дуже суттєво при контролі якості питної води з допомогою імітансного методу. Питна вода фактично являється слабким розчином електролітів, і важливо контролювати навіть незначну зміну концентрації солей у ній.

Крім цього, при вимірюваннях на високих частотах, частотозалежні елементи можна прирівняти до нуля. Тоді схема вимірювань значно спроститься і набуде наступного вигляду (рис. 2):

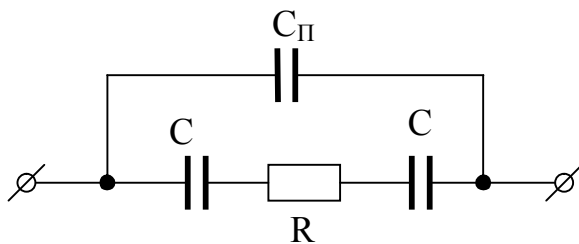


Рис. 2. Схема заміщення електролітичної комірки при вимірюваннях на високих частотах

В даній схемі R – опір води, C – приелектродні ємності, C_{Π} – паралельна ємність, яка теж є інформативним параметром і визначається за формулою

$$C_{\Pi} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1)$$

де $C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_x S}{d}$; $C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_n S}{d}$; C_3 - ємність між проводами, які з'єднують

електролітичну комірку з вимірювальним засобом.

Ємності C_1 та C_2 - визначаються відстанню d між електродами, площею S електродів, а також діелектричними проникностями розчину ϵ_x та повітря ϵ_n , відповідно. Тобто, інформативним параметром, який містить інформацію про склад електроліту необхідно вважати крім опору R також ємність C_1 . При цьому до паразитних ємностей, які зумовлюють похибки вимірювання, необхідно віднести лише ємності C_2 та C_3 .

За такою схемою (рис. 2) вираз для комплексної провідності (з врахуванням $Y=1/R$ та деяких математичних перетворень) можна представити наступним чином:

$$Y = \frac{j\omega C + j\omega 2C_{\Pi} - \omega^2 C_{\Pi} RC}{2 + j\omega RC} = \frac{(j\omega C + j\omega 2C_{\Pi} - \omega^2 C_{\Pi} RC)(2 - j\omega^2 RC)}{4 + \omega^2 R^2 C^2} \quad (2)$$

Виділимо активну та реактивну складову провідності. Активна складова матиме наступний вигляд:

$$Re(Y) = G \frac{1}{1 + \left(\frac{2G}{\omega C}\right)^2} \quad (3)$$

Виходячи з (2) реактивну складову провідності можна записати такою формулою:

$$Im(Y) = \omega C_{\Pi} \left(1 + \frac{2 \frac{C}{C_{\Pi}}}{4 + \omega^2 R^2 C^2} \right) \quad (4)$$

Імітансним методом досліджено воду різного походження, а саме: питну воду із Золочівського джерела централізованого водопостачання (1), питної води із Стрийського джерела централізованого водопостачання (2) та води із артезіанської свердловини, яку постачають населенню автоцистернами. Експерименти проводились у діапазоні частот від 50 Гц до 100 кГц.

Дослідження температурної залежності показали, що як активна, так і реактивна складові електропровідності зростають з ростом температури, проте реактивна складова є менш чутливою до її зміни. Здійснювалось оцінювання активної G та реактивної B складових імпедансу води з допомогою емнісного сенсора. За результатами досліджень отримано графічні залежності (рис. 3).

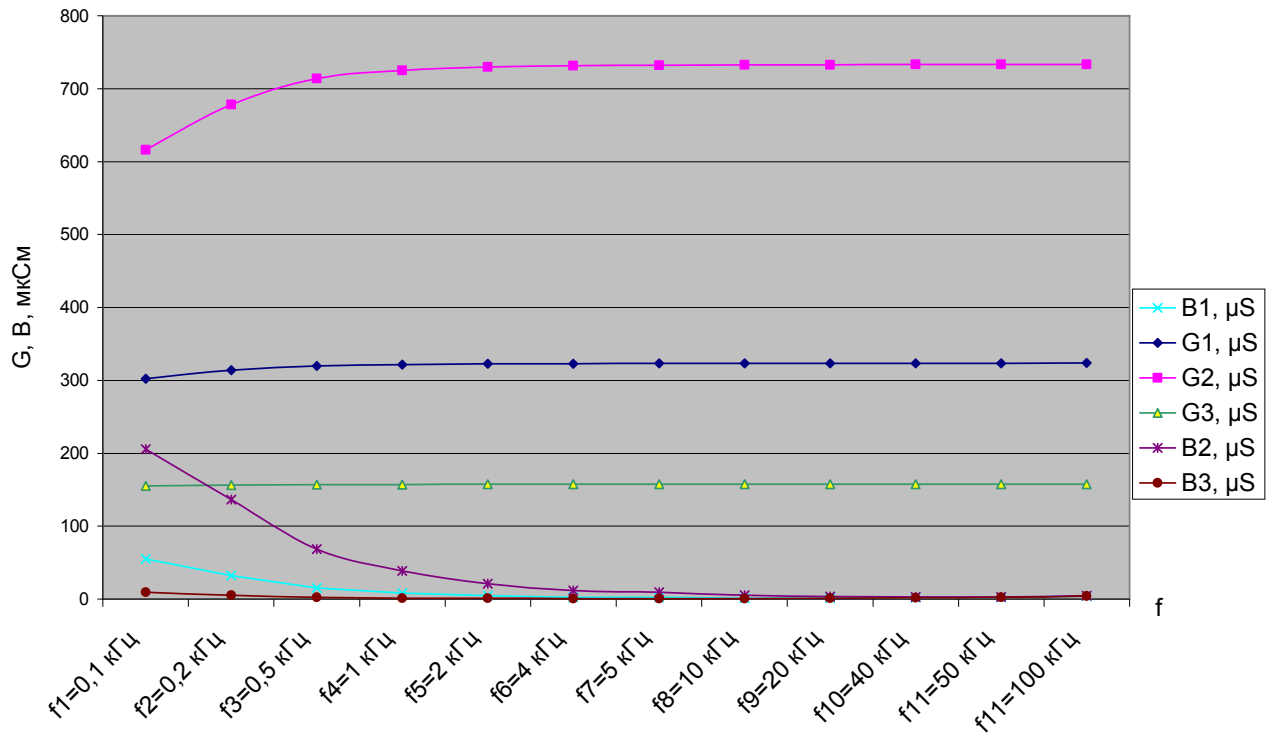


Рис. 3. Залежність активної та реактивної складових електропровідності різних типів води від частоти.

Результати проведених досліджень показали, що найменшу електричну провідність має питна вода, що постачається населенню з артезіанської свердловини. Це спричинено низьким рівнем у воді іонів кальцію, магнію, натрію, які є визначальними елементами для рівня жорсткості та мінералізації води. Цим можна пояснити відсутність накипу при кип'ятінні такої води. Активні складові електропровідності різних типів води зростають із зростанням частоти, причому залежність є нелінійною на початку діапазону. Після 2 кГц залежність прийняла лінійний характер. Це зумовлено усуненням впливів частотозалежних неінформативних елементів.

В той же час дослідження залежностей реактивних складових електропровідностей різних типів води від частоти показали, що реактивна

складова електропровідності зменшується із зростанням частоти. Особливо різка зміна спостерігається від 100 Гц до 2 кГц. Тобто чутливість вимірювань електричної провідності води за реактивною складовою є найбільша на початку діапазону.

Разом з тим проведено оцінювання залежностей активної та реактивної складових електропровідності водопровідної води (рис. 4 та рис. 5, відповідно) в діапазоні частот від 100 Гц до 100 кГц при шести різних рівнях тестового сигналу.

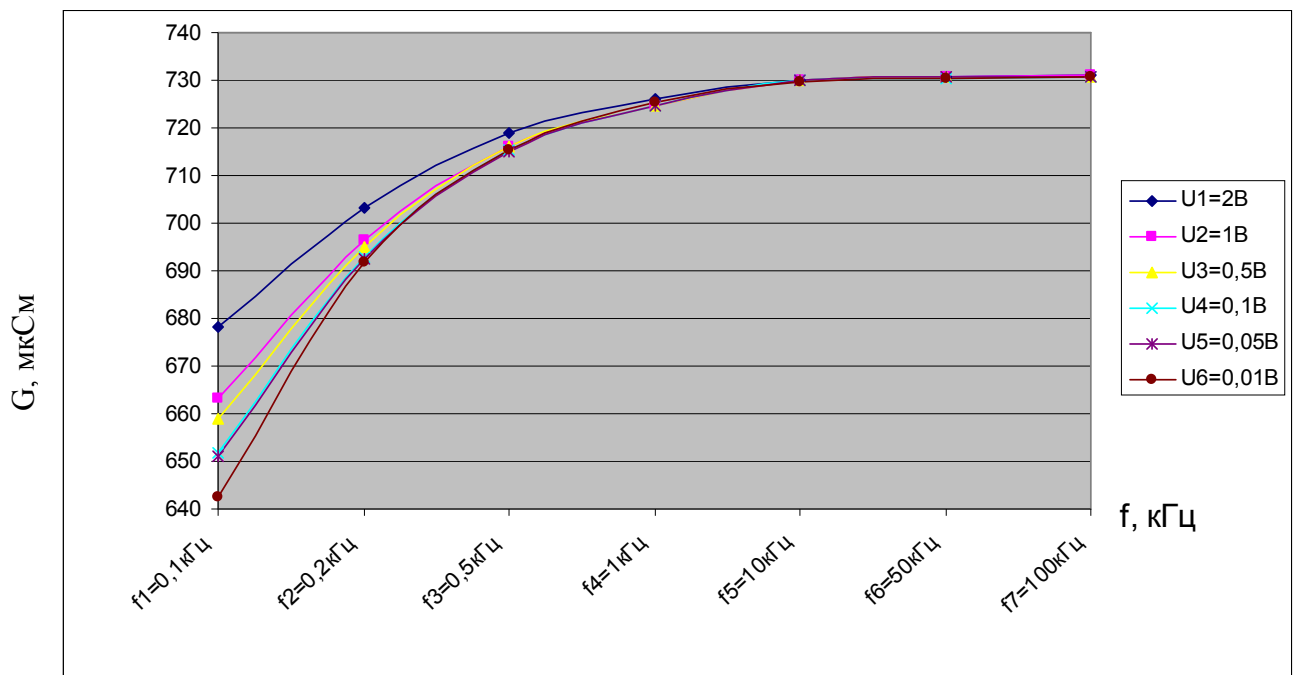


Рис. 4. Залежність активної складової електропровідності питної води від частоти при різних рівнях тестового сигналу U .

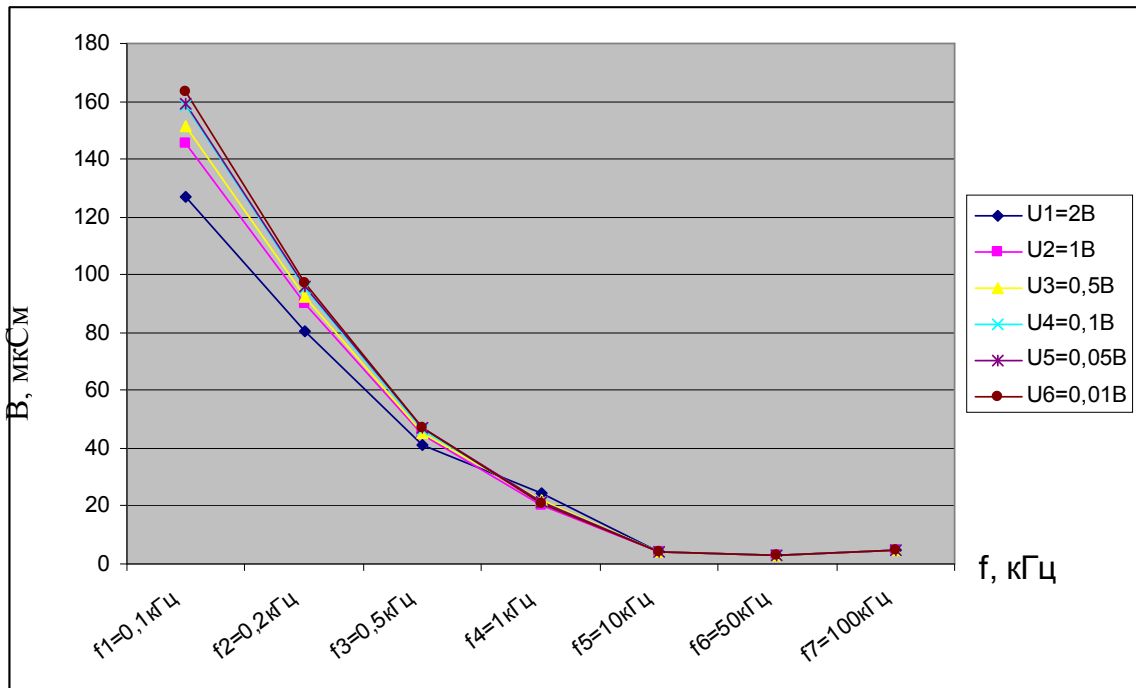


Рис. 5. Залежність реактивної складової електропровідності питної води від частоти при різних рівнях тестового сигналу U .

Також проведено дослідження залежностей активної та реактивної складових електропровідності питної води від зміни тестового сигналу U при різних частотах (рис. 6 та рис. 7, відповідно).

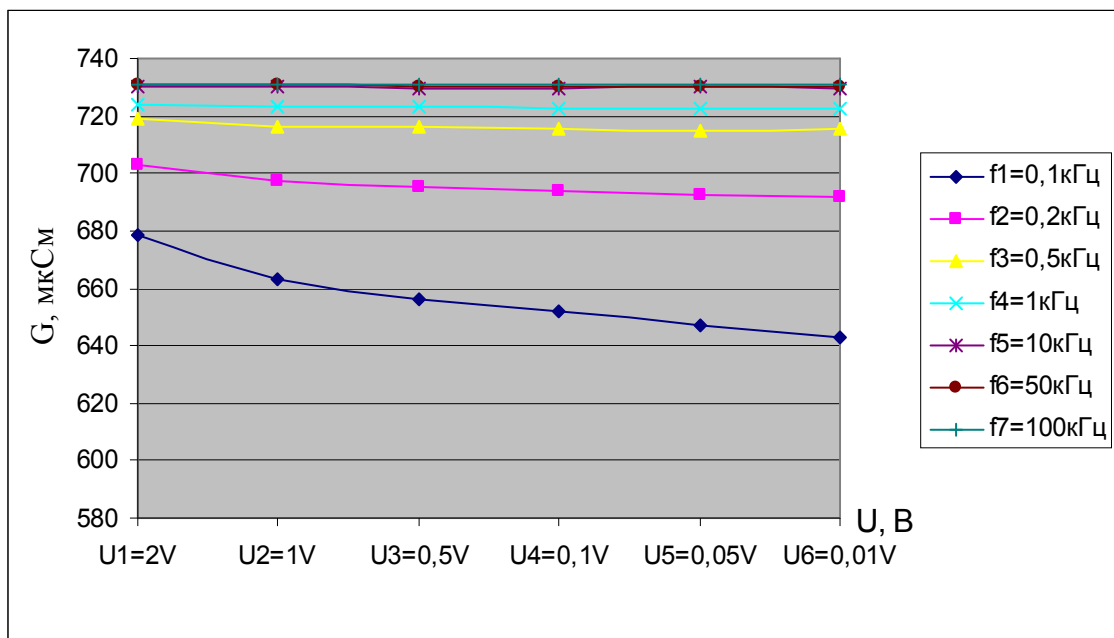


Рис. 6. Залежність активної складової електропровідності питної води від зміни тестового сигналу при різних рівнях частоти.

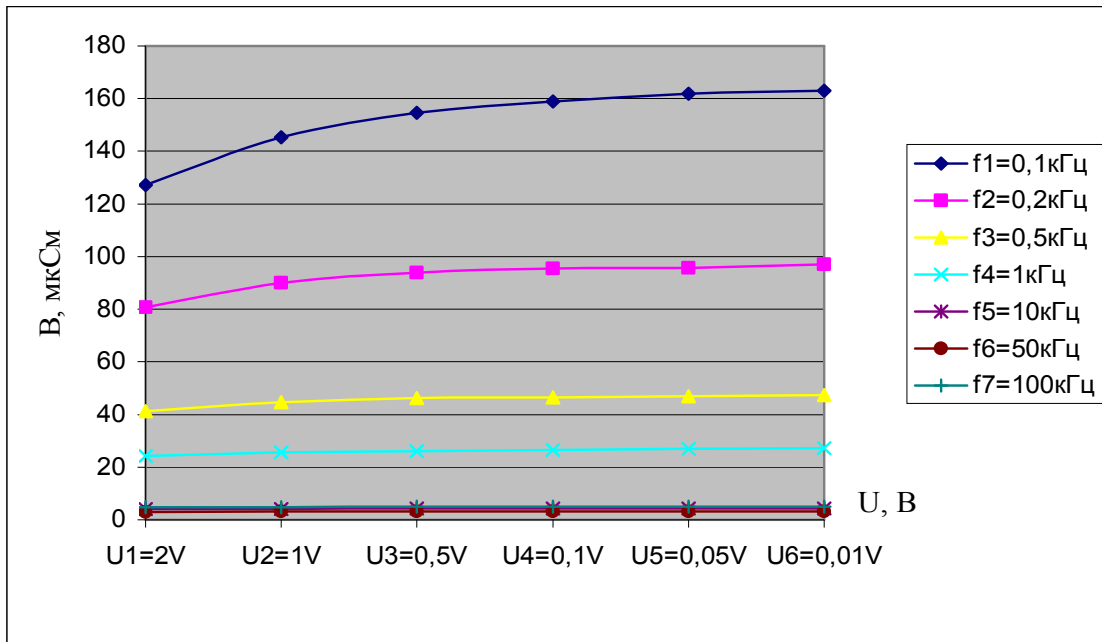


Рис. 7. Залежність реактивної складової електропровідності питної води від зміни тестового сигналу при різних рівнях частоти.

За характером залежностей, зображених на рис. 6, 7 можна зробити висновок, що вплив зміни тестового сигналу на результати досліджень яскраво виражений лише на низьких частотах і спостерігається як для активної так і для реактивної складових електропровідності. Це може свідчити про можливий вплив приелектродних ємностей. Відповідно, є недоцільним шукати зв'язки між фізико-хімічними властивостями питної води та їх електричними параметрами на основі зміни рівня тестового сигналу. Крім того активна та реактивна складові електропровідності питної води практично не змінюються на частоті, що переважає значення 1 кГц, що також свідчить про недоцільність високочастотних досліджень G та B.

Висновки. При дослідженні активної та реактивної складових імітансу питної води проаналізовано вплив рівня тестового сигналу та частоти на результати їх вимірювання, на основі чого можна формувати вимоги до відповідних засобів оперативного контролю в системі водопостачання.

Список літератури

1. Державні Санітарні Правила і Норми “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” №136/1940-96;
2. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. Введен с 01.01.85 г. М.: Госстандарт СССР. 1982. – 8 с.
3. <http://www.ogbus.ru>
4. Performance water purification system. Пат. 6001244 США, МПК6 В 01 D 61/12. Anthony Pipes, Salter Edwin Christopher. № 09/113786.
5. Худякова Т.А., Крешков А.П Кондуктометрический метод анализа, // Москва, «Высшая школа», 1975р., 208с.
6. Дамаскин Б.Б. и др. Практикум по электрохимии., М., Высшая школа, 1991 г., 287 с.,
7. Походило Є.В. Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імітансу об’єктів кваліметрії: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, Львів 2004. – 37 с.
8. ISO 7888:1985 Water quality – Determination of electrical conductivity. Edition: 1, Stage: 90.93, TC 147/SC 2. – 8 p.

Аннотация

Исследование влияния неинформативных параметров на измерение интегральных показателей качества воды

Гонсьор О.И.

В данной статье исследовано влияние неинформативных параметров на измерение активной и реактивной составляющих электропроводимости питьевой воды. Описана математическая модель электролитической ячейки. Приведены графические интерпретации проведенных исследований.

Abstract

Research of influence of indeterminant parameters on measuring of integral indexes of water quality

O.Gonsor

In this article influence of indeterminant parameters is investigational on measuring active and reactive constituents of conductivity of drinking-water. The mathematical model of electrolytic cell is described. Graphic interpretations of the conducted researches are resulted.