

## ЗАСТОСУВАННЯ ЄМНІСНИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

**Анотація.** Розглянуто дослідження модельного розчину та двох різних проб води за допомогою ємнісного площинного перетворювача. На підставі критичного аналізу отриманих результатів запропоновано підхід, що ґрунтується на операторному методі. Це дозволяє у сукупності із імітансним методом отримати повнішу інформацію про досліджувані проби.

**Ключові слова:** сенсор, імітансний метод, проба води, операторний метод.

**Постановка проблеми.** Останнім часом через високу зношеність систем водопостачання та водовідведення (СВВ) має місце погіршення якості питної води (ПВ) практично на всіх ділянках її постачання.

**Вирішувані завдання.** Одним із актуальних методів моніторингу якості ПВ вважається імітансний – як один із доступних методів її експрес-аналізу [1]. При цьому багатьма фахівцями проби рідин чи розчинів досліджуються у широкому діапазоні зміни частоти  $f_m$  тестового сигналу. Здебільшого головним інформативним параметром слугує активна складова (або втрати  $D_n = \frac{1}{2pC_nR_n}$ , де індекс  $n$  стосується проби, наприклад  $R_n$  – опір) імітансу  $z_n$  як функції  $f_m$ . Хоча деяку інформацію отримують, використовуючи і реактивну складову, тобто ємність  $C_n$  досліджуваного розчину.

Головною проблемою під час застосування даного методу для дослідження проб розчинів, особливо із великим переліком різних складників, є відсутність детальної інформації стосовно їхніх загальних заступних схем. У випадку ПВ у СВВ характер останньої, як правило, точно невідомий.

**Дослідження різних проб питної води.** Спочатку для аналізу проб ПВ використовувався LCR-метр BR 2827 (Китай). Для мінімізації впливу промислових завод було обрано діапазон зміни  $f_m$  у межах 1... 100 кГц. При цьому, з метою отримання подальших достовірних даних найперше проводилась перевірка первинного вимірювального ємнісного площинного перетворювача із відомими параметрами: без рідини та у випадку модельного розчину – проби з дистильованою водою. В якості останньої було взято пробу із загальною мінералізацією води – еквівалентною концентрацією солей  $M \leq 50 \text{ мг/дм}^3$ , котра визначається електричною провідністю води. Результати моніторингу наведено у табл. 1.

Характерною особливістю дослідження проби з дистильованою водою слід вважати зростання значення  $C_n$  при зменшенні  $f_m$  нижче 5 кГц.

Коли даний метод використовувався щодо технічної води, для якої властива наявність здебільшого неорганічних забруднень, мають місце значні зміни як  $C_n$ , так і  $D_n$ , що видно з табл. 2, у якій представлено результати досліджень проб: №1 з  $M = 200...250 \text{ мг/дм}^3$  та №2 з приблизно на порядок більшою забрудненістю.

Загальною особливістю цих експериментів є наявність стрибкоподібних змін обох складових імітансу на певних граничних частотах  $(f_m)_{zp}$ . Можна припустити, що причиною цих явищ слугують іони домішок у ПВ, котрі різко підвищують провідність проби. Крім того, варто брати до уваги діапазони вимірюваних параметрів, що стосуються використаного BR 2827. Якщо розглянути отримані у табл. 1 і табл. 2 дані, то можна зазначити факти функціонування приладу у непрогнозованих режимах. Це свідчить, що стосовно наведених значень можуть виникати сумніви у їхній достовірності.

Більш прийнятним з цього погляду виглядає застосування операторного методу, варіант використання якого викладено у [2].

Його основою є той же первинний вимірювальний перетворювач, котрий доповнений схемою формування тестового сигналу та блоком аналізу вихідного сигналу. Перевагою такого підходу слугує можливість встановлення форми функції перетворення, що характеризує будь-яку досліджувану пробу ПВ.

**Результати моніторингу первинного вимірювального перетворювача  
та проби дистильованої води**

Частота тестового сигналу $f_m$ , кГц	Величина, одиниця вимірювання	1	2	5	10	20	50	100
Перетворювач із повітрям між електродами	Ємність $C_n$ , нФ	5,80	5,81	5,83	5,85	5,86	5,87	5,93
	Втрати $D_n$	0,0050	0,0040	0,0020	0,0010	0,0012	0,0015	0,0032
Перетворювач, поміщений у дистилат	Ємність $C_n$ , нФ	1150,0	519,0	291,5	247,7	233,9	229,0	228,0
	Втрати $D_n$	•	•	•	•	•	•	•

Примітка. • – означає відсутність показу приладу.

Таблиця 2

**Результати дослідження двох проб технічної води за допомогою  
вказаного первинного вимірювального перетворювача**

Частота тестового сигналу $f_m$ , кГц	Величина, одиниця вимірювання	1	5	10	50	100
Перетворювач з пробєю №1	Ємність $C_n$ , нФ	247200	155423	102512	596,7	302,2
	Втрати $D_n$	7,62	5,52	4,24	•	•
Перетворювач з пробєю №2	Ємність $C_n$ , нФ	227900	133512	94633	616,5	316,3
	Втрати $D_n$	8,14	6,11	4,73	•	•

Було проведено дослідження тих же: власне перетворювача, проби дистильованої води, а також проб №1 і №2. Стосовно останніх проб можна стверджувати наступне. Виходячи з аналізу вихідного сигналу вимірювального перетворювача, можна стверджувати, що у обох пробах переважає активна складова імітансу. Тобто, значення активної провідності проби прямо пропорційне до загального вмісту домішок у ПВ. Зрештою, можливе поєднання запропонованого методу досліджень разом із відомим імітансним методом, що дозволить отримати взаємно доповнювальну інформацію про досліджувані проби ПВ у різних ділянках СВВ.

**Висновок.** На основі проведених досліджень проб ПВ виявлено недоліки при використанні імітансного методу контролю якості. Запропоновано новий підхід для моніторингу якості ПВ, що полягає у застосуванні варіанту операторного методу контролю, завдяки чому з'являється додаткова інформація про ПВ.

**Література:**

1. Проблемно-орієнтовані засоби вимірювання імітансу. Теорія та практика / В. В.Хома, Є.В. Походило. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 260 с.
2. Ванько В.М. Дослідження вимірювальних перетворювачів за допомогою операторного методу // Вісник НУ “Львівська політехніка” «Комп’ютерні науки та інформаційні технології». – №864, 2017. – С. 3-7.