

ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМІТАНСУ

*Походило Є.В., д.т.н. проф., Яцук В.О., д.т.н. проф., Бубела Т.З., д.т.н. проф.,
Національний університет «Львівська політехніка», Україна; e-mail:*

yatsuk.vasyl@gmail.com

*Yevgen Pokhodylo, Dr.Sc., Professor; Vasyl Yatsuk, Dr.Sc., Professor; Tetiana Bubela, Dr.Sc.,
Professor*

Lviv Polytechnic National University; e-mail: yatsuk.vasyl@gmail.com

Анотація

В роботі охарактеризовано проблеми реалізації диференційного методу оцінювання якості продукції з використанням імітансного методу. Реалізується диференційний метод контролю якості через порівняння параметрів імітансу контрольованого та еталонних зразків. Показано, що застосування традиційних вимірювачів CLR-параметрів ускладнює процес реалізації диференційного методу. Такі засоби не можуть безпосередньо вимірювати відносний показник якості. Практично всі моделі таких вимірювальних засобів через один вхідний пристрій вимірюють лише параметри одного об'єкта контролю. Тим самим вони не пристосовані до безпосереднього вимірювання відносних показників якості. Авторами роботи запропоновано подавати стандартний зразок продукції значеннями кодо-керованої міри адмітансу. Отримують такі значення через вимірювання параметрів стандартного зразка продукції заданого рівня якості традиційним вимірювачем імітансу. Наведено структуру вимірювального засобу для безпосереднього вимірювання відносного показника якості. Здійснюється це порівнянням параметрів контрольованого об'єкта та електричного стандартного зразка у вигляді міри. Це дає змогу будувати засоби контролю якості будь-якої продукції неелектричної природи. Подається контрольована продукція електричними параметрами імітансу з допомогою ємнісних первинних перетворювачів. Безпосередня реалізація диференційного методу оцінювання якості дозволяє максимально спростити вимірювальний засіб та зменшити тривалість оцінювання якості продукції. Запропонована структура засобу дає змогу безпосередньо визначати відхилення відносного показника від одиниці. За отриманим значенням показника можна оперативно класифікувати продукцію за рівнями якості.

Ключові слова

диференційний метод, кодо-керована міра адмітансу, двополюсник, активна складова адмітансу, реактивна складова адмітансу, стандартний зразок.

1. Вступ

Широке застосування для контролю якості об'єктів неелектричної природи набувають аналізатори імітансу з широким частотним діапазоном тестового сигналу. Відповідно до агрегатного стану об'єкта додатково використовують відповідні первинних перетворювачів [1]. В основу таких вимірювань покладено наступне. Будь-який об'єкт контролю з різним рівнем електропровідності подається у вигляді електричного двополюсника, параметри імітансу якого можна легко проаналізувати традиційними вимірювачами CLR-параметрів [2]. Такими параметрами здебільшого є активні опір та провідність, ємність та індуктивність, активні та реактивні складові імпедансу чи адмітансу. Такі об'єкти контролю в частотному діапазоні описуються двополюсниками з багатоелементними схемами заміщення. Разом з тим, традиційні вимірювачі параметрів імітансу здійснюють вимірювання за двоелементними схемами. Тому виміряні зазначені параметри двополюсників будуть лише еквівалентними на заданій частоті вимірювання.

Застосування традиційних вимірювачів імітансу [3] для реалізації диференційного методу контролю якості за відносним показником [4] потребує послідовного в часі вимірювання. Спочатку під'єднується до вимірювального засобу контрольований об'єкт, а потім-стандартний зразок. Зумовлено це наявністю лише одного вхідного пристрою засобу вимірювання. Навіть за цих умов можлива реалізація диференційного методу. Для цього необхідно знайти відношення отриманих значень активних та реактивних складових адмітансів контрольованого та базового зразків на кожній частоті вимірювання. Але при цьому необхідно

забезпечити умови рівно точних вимірювань. Розміщення на вході вимірювача додаткового керованого комутатора недоцільне через внесення ним неінформативного імітансу у вимірювальне коло, тим більше що входні кола таких засобів неоднакові. Тобто, для реалізації диференційного методу контролю якості таким способом (попередньо в часі) необхідно додатково запам'ятовувати результати кожного вимірювання та їх опрацьовувати. Це призводить до погіршення оперативності контролю якості. Саме тому необхідним є розвиток спеціалізованих засобів вимірювання параметрів імітансу для задач кваліметрії з метою реалізації диференційного імітансного методу контролю якості продукції неелектричної природи.

2. Недоліки

Практично всі моделі традиційних вимірювачів CLR-параметрів здатні вимірювати параметри лише одного об'єкта контролю (один входний пристрій). Тим самим вони не пристосовані до безпосередньої реалізації диференційного методу. Відповідно, вони не можуть безпосередньо вимірювати відносний показник якості. Разом з тим, іншою проблемою контролю відносного показника є наявність стандартного зразка продукції у процесі вимірювання. Це створює проблему його стабільності через обмежені терміни зберігання, псування тощо. Тому задача дослідження полягає у створенні оперативного засобу контролю якості продукції за її відносними показниками якості з використанням стабільного електричного базового зразка. Це дасть змогу суттєво спростити процес оцінювання якості продукції неелектричної природи.

Мета роботи

Мета дослідження полягає у створенні оперативного засобу контролю якості продукції за її відносними показниками якості з використанням стабільного електричного базового (стандартного) зразка.

3. Реалізація диференційного методу

4.1. Аналіз способів реалізації диференційного методу контролю якості

За диференційним методом оцінювання якості продукції, як відомо [5], порівнюються показники якості контрольованої продукції з аналогічними показниками стандартного зразка цієї продукції. Переважно стандартним зразком є порція цієї ж продукції з нормованими показниками. Це відповідає заданому рівню її якості чи безпечності. Оскільки одиничні показники якості продукції неелектричної природи є різного характеру, то для їхнього вимірювання необхідно застосувати різного типу вимірювальні засоби. За результатами вимірювань та їх опрацьовання знаходять комплексний відносний показник, за яким оцінюють рівень якості. Реалізація диференційного методу контролю якості за імітансним методом дає змогу отримати відносний показник якості електропровідної продукції за узагальненим параметром. Для цього використовується вимірювальний засіб одного типу – CLR-метр.

Відомі способи реалізації диференційного імітансного контролю якості продукції неелектричної природи передбачають одночасне та послідовне в часі вимірюванням відносного показника якості [6]. При цьому традиційний стандартний зразок використовується безпосередньо як при одночасному, так і при послідовному вимірюванні. В процесі вимірювання параметри зразка перетворюють у електричні параметри. Такими параметрами, зокрема, можуть бути еквівалентні ємність та провідність адмітансу багатоелементного двополосника. У такому разі традиційний стандартний зразок за результатами вимірювання можна замінити електричною мірою з відповідними параметрами. При цьому результати вимірювань за двоелементною схемою на різних частотах будуть відрізнятися між собою. Відповідно електрична міра, як стандартний зразок, повинна відтворювати саме такі значення еквівалентних ємностей та провідностей на фіксованих частотах. У такому разі відносні показники на вибраних частотах записуються відношеннями:

$$\left(\frac{C_{x1}}{C_{01}} \right)_{f_1}, \left(\frac{C_{x2}}{C_{02}} \right)_{f_2}, \left(\frac{C_{x3}}{C_{03}} \right)_{f_3}, \dots, \left(\frac{C_{xn}}{C_{0n}} \right)_{f_n}, \quad (1)$$

$$\left(\frac{G_{x1}}{G_{01}} \right)_{f_1}, \left(\frac{G_{x2}}{G_{02}} \right)_{f_2}, \left(\frac{G_{x3}}{G_{03}} \right)_{f_3}, \dots, \left(\frac{G_{xn}}{G_{0n}} \right)_{f_n}, \quad (2)$$

де $C_{x1}, C_{x2}, C_{x3}, C_{xn}$ та $C_{01}, C_{02}, C_{03}, C_{0n}$ - еквівалентні ємності контрольованого об'єкта та електричного стандартного зразка (міри) відповідно на частотах f_1, f_2, f_3, f_n ;

$G_{x1}, G_{x2}, G_{x3}, G_{xn}$ та $G_{01}, G_{02}, G_{03}, G_{0n}$ - еквівалентні провідності контрольованого об'єкта та електричного стандартного зразка (міри) відповідно на частотах f_1, f_2, f_3, f_n .

Реалізувати міру адмітансу можна з допомогою магазинів ємності та провідності або окремими конденсаторами та опорами. Вибирати значення у такому разі необхідно вручну. Такий спосіб реалізації не забезпечує оперативності контролю. Автоматизувати вимірювальний процес можна з використанням кодо-керованої міри адмітансу. Використання кодо-керованої міри адмітансу як електричного стандартного зразка усуває недоліки відомих способів реалізації диференційного методу.

4.2. Структура засобу для безпосереднього вимірювання відносного показника якості продукції

Пропонується структура засобу для безпосереднього вимірювання відносного показника якості продукції. Об'єкт контролю подається багатоелементним двополюсником ємнісного характеру. Як інформативний електричний параметр двополюсника приймається еквівалентні ємності та провідності. Відповідно, як стандартний зразок використовується кодо-керована міра адмітансу.

Структурна схема вимірювального засобу (рис.1) містить джерело тестового сигналу ДТС, кодокеровану міру КМ, векторні перетворювачі «адмітанс-напруга» ВП1 та ВП2, перетворювачі «вектор-скаляр» ПВС1 та ПВС2, контролер К та індикатор І.

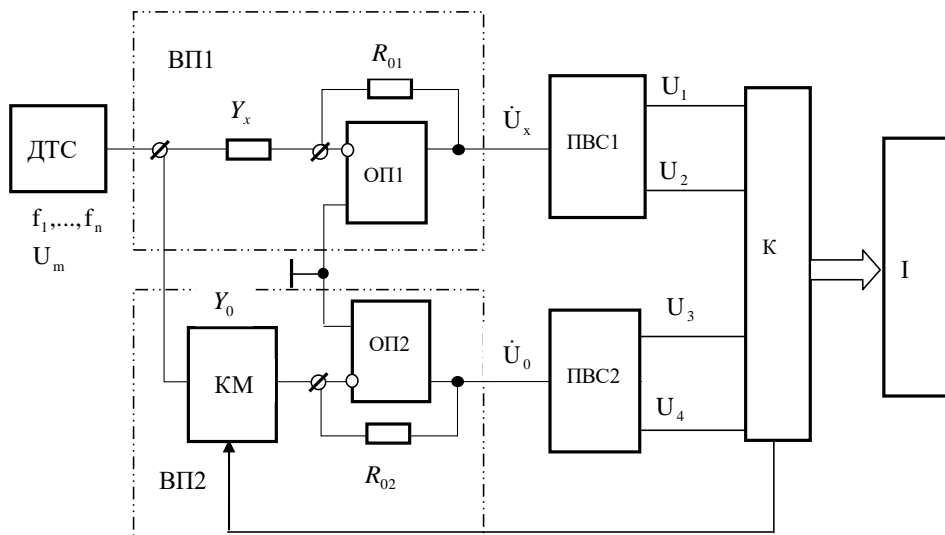


Рис.1. Структурна схема засобу з паралельним векторним перетворенням

Векторні перетворювачі ВП1 та ВП2 виконані на операційних підсилювачах ОП1 та ОП2. Елементами від'ємного зворотного зв'язку ОП1 є імітансний первинний перетворювач (імітансний сенсор ІС ємнісного типу) з контрольованим зразком з адмітансом Y_x та зразковим резистором R_{01} . Аналогічно елементами ОП2 є кодо-керована міра КМ з адмітансом Y_0 та зразковим резистором R_{02} . Перетворювачі ВП1 та ВП2 здійснюють перетворення адмітансів у векторні напруги \dot{U}_x та \dot{U}_0 . До виходів ВП1 та ВП2 під'єднані перетворювачі ПВС1, ПВС2. Вони здійснюють перетворення векторних напруг у реактивні U_1, U_3 та активні U_2, U_4 складові. Отримані напруги постійного струму подаються на вхід контролера К, вихід якого під'єднано до індикатора І.

Кодо - керована міра відтворює нормовані значення стандартного зразка контрольованої продукції у вигляді еквівалентних ємностей C_{0i} та провідностей G_{0i} . Отримують такі значення за результатами вимірювання еквівалентної ємності та еквівалентної провідності стандартного зразка вимірювачем параметрів адмітансу. У вигляді коду вони заносяться в пам'ять контролера.

Під дією тестового синусоїдального сигналу встановленого рівня U_m для та частоти ω векторними перетворювачами ПВ1, ПВ2 формуються векторні напруги

$$\dot{U}_x = a_1 U_m R_{01} Y_x = a_1 U_m R_{01} (G_{xi} + j\omega C_{xi}), \quad (3)$$

$$\dot{U}_0 = a_2 U_m R_{02} Y_N = a_2 U_m R_{02} (G_{0i} + j\omega C_{0i}), \quad (4)$$

Перетворювачами ПВС1 та ПВС2 виділяються, відповідно, реактивні $Im(\dot{U}_x)$, $Im(\dot{U}_0)$ та активні складові $Re(\dot{U}_x)$, $Re(\dot{U}_0)$ у вигляді напруг постійного струму, а саме:

$$U_1 = a_1 b_1 U_m R_{01} \omega C_x, \quad (5)$$

$$U_3 = a_2 b_3 U_m R_{02} \omega C_0, \quad (6)$$

$$U_2 = a_1 b_2 U_m R_{01} G_x, \quad (7)$$

$$U_4 = a_2 b_4 U_m R_{02} G_0, \quad (8)$$

де a_1, a_2 - коефіцієнти перетворення векторних перетворювачів ВП1 та ВП2; b_1, b_3 - коефіцієнти перетворення реактивних складових адмітансів, а b_2, b_4 - коефіцієнти перетворення активних складових адмітансів перетворювачів ПВС1, ПВС2; G_x, C_x - еквівалентні активна провідність та еквівалентна ємність контрольованого об'єкта. G_0, C_0 - еквівалентні активна провідність та еквівалентна ємність кодо-керованої міри.

Контролером К здійснюється перетворення напруг (5), (6), та (7), (8) у цифрові коди N_1, N_2 здійснюється операція ділення напруг:

$$N_1 = \frac{U_1}{U_3} = \frac{a_1 b_1 R_{01} C_x}{a_2 b_3 R_{02} C_0}, \quad (9)$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_4} = \frac{a_1 b_2 R_{01} G_x}{a_2 b_4 R_{02} G_0}. \quad (10)$$

Якщо забезпечити рівності $\frac{a_1 b_2 R_{01}}{a_2 b_4 R_{02}} = 1$, $\frac{a_1 b_1 R_{01}}{a_2 b_3 R_{02}} = 1$, то отримаємо вирази (1), (2) на вибраній частоті контролю.

Аналогічні результати матимемо при інших значеннях частоти тестового сигналу. Значення кодо-керованої міри на різних частотах для контрольованої продукції встановлюються вихідним кодом контролера. Від рівня тестового сигналу, як видно з виразів (9), (10) результат вимірювання не залежить.

Індикатором фіксуються значення відносних показників якості отримання підчас безпосереднього вимірювання на різних частотах.

4. Висновки

На основі запропонованої структури вимірювального засобу можна контролювати якість продукції неелектричної природи з використанням електричної міри як її стандартного зразка. Безпосереднє вимірювання відносного показника якості спрощує реалізацію диференційного методу оцінювання якості. За отриманими значеннями показника можна оперативно класифікувати продукцію за рівнями якості. При цьому забезпечується оперативність контролю та стабільність параметрів стандартного зразка.

5. Подяка

Автори висловлюють вдячність колективу кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету «Львівська політехніка», Україна, за надану допомогу та всемірне сприяння у підготовці даної статті.

6. Конфлікт інтересів

Під час виконання роботи не існувало будь-яких фінансових, організаційних або інших можливих конфліктів, що стосується цієї роботи.

Список літератури

- [1] O. Antoniuk, Y. Pokhodylo, V. Yuzva, "Analysis of immittance component measurement methods of non-electrical nature objects," *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, Kharkiv, 2015, vol. 4, no. 9(76), pp. 4-9, 2015.
- [2] S. Nelson, *Dielectric Properties of Agricultural Materials and Their Applications*. Academic Press, 2015.
- [3] T. Bubela, P. Stolyarchuk, M. Mykyuchuk, O. Basalkevych, "Admittance method application in the maintenance of ecomonitoring information system for soil parameters," in *Proc. 6th IEEE International Conference "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications"*, Czech Republic, 2011, pp. 97-100. doi: 10.1109/idaacs.2011.6072718
- [4] V. Yatsuk, T. Bubela, Y. Pokhodylo, V. Yatsuk, R. Kochan, "Improvement of data acquisition systems for the measurement of physical-chemical environmental properties", in *Proc. 9th IEEE International Conference "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications"*, Romania, 2017, pp. 41-46. doi: 10.1109/idaacs.2017.8095046
- [5] O. Stuart, "Historical development of grain moisture measurement and other food quality sensing through electrical properties", *Instrumentation and Measurement*, no.19(1), p.169-174, 2016.
- [6] J. Chilo, J. Pelegri-Sebastia, M. Cupane, T. Sogorb, "E-nose application to food industry production", *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*, no.19(1), p.27-33, 2016. doi: 10.1109/MIM.2016.7384957
- [7] V. Melnyk, P. Borschov, V. Beliaev, O. Vasylenko, O. Lameko, O. Slitskiy, "Improvement generating of the test signals for determination of the impedance parameters in wide frequency range", *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*, no.17(2), p.60-72, 2020.
- [8] Yu. Bratus, E. Budnicka, V. Karpenko., S. Makarenko, Yu. Smolyar, "Imitator of complex conductivity boxes", Pat. 3685343/24-09 USSR, bul.10, 15.03.1986.
- [9] A. Vdovin, V. Karpenko, V. Kohut, V. Kozmenko, S. Makarenko, M. Surdu, "Transformer impedance measure", G01R 27/00, Pat. 1566301 USSR, bul. 19, 23.05.1990.
- [10] Yu. Bratus, E. Budnicka, V. Karpenko, S. Makarenko, Yu. Smolyar, "Imitator of complex conductivity boxes", Pat. 1218451 (USSR), bul. 10, 15.03.1986.
- [11] Yu. Bratus, E. Budnicka, V. Karpenko, *Transformer reference measure construction, Elements and schemes of electro measurement units and systems*, Kyiv, Naukova dumka publ. house, 1985.