

2, 3. – С. 418 – 430. 5. Оценка качества электроизмерительных приборов /Л.Г. Тульчин, А.М. Хаскин, В.Д. Шаповалов. – Л.: Энергоиздат.

Ленингр. отд-ние, 1982. – 216 с. 6. ДСТУ 2925 – 94 Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

УДК 621.317.73

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМІТАНСУ

© Походило Є. В., Столярчук П. Г., 2005

Національний університет "Львівська політехніка"

Розглядаються загальні положення контролю якості об'єктів кваліметрії електричної та неелектричної природи за результатами вимірювання параметрів імпедансу двополюсників, якими вони подаються в колі змінного струму

Вимоги споживача щодо якості будь-якого виду продукції невідмінно зростають, що потребує впровадження заходів, спрямованих на її покращення [1]. За методологією доктора Генічі Тагучі, радника Японської асоціації стандартів та виконавчого директора Американського інституту постачальників, "не може бути покращено те, що не може бути виміряне і подане у математичних виразах" [2]. Тому впродовж останніх років все ширше залучаються до вимірювання показників якості електричні методи, зокрема, частотно-дисперсійний [3] та імпедансний [4]. Частотно-дисперсійний метод аналізу речовин та матеріалів передбачає описування об'єкта контролю у вигляді амплітудно-частотних та фазочастотних характеристик. При цьому для оцінювання якості необхідно здійснювати реєстрацію всієї характеристики у широкому діапазоні тестового сигналу, визначення екстремальних значень ординат та розрахунок нерівномірності за відповідними формулами. Практична реалізація такого методу зводиться, в основному, до вимірювання показника якості продукції на частоті, на якій його електричні параметри проявляються найбільше.

продукції неелектричної природи ґрунтується на вимірюваннях параметрів моделі, якою подається об'єкт в колі змінного струму, а також на умовах та методиках, прийнятих в кваліметрії, дотримання яких дозволить реалізувати всі переваги електричного методу оцінювання якості.

Оскільки імпеданс двополюсника, яким подається об'єкт контролю, характеризується кількома параметрами, то такий контроль є багатовимірним або багатопараметричним. Перше вимірювальне перетворення імпедансного контролю якості здійснюється первинним перетворювачем, інформативним параметром якого є імпеданс (імпеданс Z або адмітанс Y). Для такого перетворення необхідно здійснити дію тестового сигналу (амплітудою U_m та частотою ω) на об'єкт контролю, у зв'язку з чим такий контроль можна вважати активним. При цьому є можливість активно впливати на одиничні показники якості в процесі виробництва продукту. Загальна структура вимірювального засобу для здійснення імпедансного контролю показників якості продукції неелектричної природи зображена на рис. 1.

Концепція імпедансного контролю якості

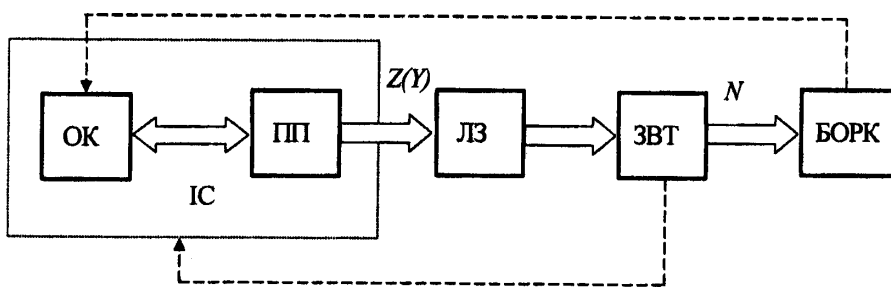


Рис. 1. Структура вимірювального засобу імпедансного контролю якості

Вона містить об'єкт контролю ОК і первинний перетворювач ПП, що утворюють імітансний сенсор ІС, лінію зв'язку ІС з засобом вимірювальної техніки ЗВТ, вихідним сигналом якого є числовий код N , який опрацьовується блоком опрацювання результатів та керування БОРК.

Вірогідність контролю якості в значній мірі залежить від базового зразка порівняння. Особливо це стосується об'єктів неелектричної природи. Базовим зразком в даному випадку є стандартний зразок, який відрізняється від "класичних" мір з метрології. Основна відмінність полягає в тому, що для неелектричних величин базові зразки – це не пристрої вимірювання, а частина (порція) речовини, матеріалу, продукту, виробу аналогічного об'єкта контролю. Якщо в метрології при вимірюванні електричних величин базовим є параметр прийнятої міри, як пристрою порівняння, то в кваліметрії, за аналогією, – це значення показника міри відомого рівня якості. Найскладнішими проблемами вимірювань неелектричних величин в кваліметрії є те, що вплив неінформативних параметрів (навколишнє середовище та тестовий сигнал) на базовий зразок (міру) значно більший, ніж при вимірюванні електричних. Це суттєво ускладнює процес вимірювання, розроблення нормативно-технічної документації, методики тощо. Вимірювальна процедура при цьому містить багатократне вимірювання багатовимірних об'єктів.

Результат вимірювання багатовимірних об'єктів визначається за результатами прямих вимірювань інформативного параметра об'єкта, що зв'язує інформативну величину з параметрами, що її визначають. Функціональна залежність інформативної величини з такими параметрами (компоненти моделі об'єкта вимірювання) може бути лінійною
$$Y = \sum_{i=1}^n k_i A_i,$$
 нелінійною

$$Y = \prod_{i=1}^n f(X_i), \text{ або змішаного типу } Y = \sum_{j=1}^m \left[\prod_{i=1}^n f(X_i) \right],$$

де k_i - постійний коефіцієнт i -го параметра; A_i - інформативний параметр; $f(X_i)$ деякі функції.

Суть імітансного контролю полягає в тому, що виміряні параметри електричної моделі (схеми заміщення) речовини чи матеріалу (параметри імітансного сенсора) необхідно порівнювати з відповідними параметрами такої ж моделі базового зразка. Електричні величини відображають відповідні одиничні показники об'єктів неелектричної природи (домішки, концентрацію, вологість, жирність, октанове число тощо) та зв'язані з ними певною залежністю. Виходячи з

цього, кожний вид продукції повинен мати свій базовий зразок у вигляді комплексного двополосника, що подається стандартною схемою заміщення. Значення електричних параметрів такої схеми повинні відповідати встановленому рівню якості того чи іншого продукту і повинні доповнювати технічні вимоги щодо його одиничних показників нормативно-технічної документації. Однак, в нормативно-технічній документації на такі види продукції на сьогоднішній день таке подання базових зразків відсутнє. Базовий зразок переважно характеризують одиничними показниками якості неелектричної природи різного характеру, визначення яких здійснюється за різними методиками та різноманітними технічними засобами. Якщо в метрології методика використання технічних засобів добре розроблена для вимірювання електричних та деяких неелектричних величин, то в кваліметрії є багато видів продукції, для вимірювання одиничних показників якої немає ні методик, ні зразків, ні технічних засобів.

Тому розвиток принципів побудови технічних засобів та методичних документів в цьому напрямку дасть змогу перемістити вимірювання показників, які традиційно були об'єктами експертів або хімічних чи розрахункових методів, у сферу експериментального (вимірювального) методу, як найоб'єктивнішого. Для цього об'єкт, показники якого оцінюються, необхідно, як зазначалося, подати у вигляді математичної моделі або схеми заміщення. Однак не всі об'єкти можна подати моделями або схемами заміщення. Досі не розроблено теорію, яка б задовільно пояснювала кількісний бік результатів експериментальних досліджень складу і властивостей за дисперсією електрофізичних параметрів складних середовищ у змінних полях [5].

Незважаючи на це, подання деяких видів продукції у вигляді двополосників та порівняння між собою електричних величин цих двополосників для оцінювання якості можна обґрунтувати на одному із тверджень теорії електричних кіл. Суть його полягає в тому, що два двополосники, що мають різну структуру, еквівалентні в електричному розумінні, якщо їх опори або провідності рівні одне одному у всьому спектрі частот. Заміна в електричному колі будь-якого двополосника йому еквівалентним двополосником не впливає на струми або напруги в іншій частині електричного кола [6]. Це може служити основою для створення базових зразків продукції, поданих двополосником з відомими параметрами, передавання розміру цих зразків та порівняння з двополосниками, якими подається продукція невідомої якості.

Узагальнений показник P якості продукції

можна подати таким виразом [7]:

$$P = F[\bar{X}(Q_1, Q_2, \dots, Q_n), q_1, q_2, \dots, q_n], \quad (1)$$

де \bar{X} - сукупність електричних параметрів (параметрів імітансу), яка є функцією одиничних показників якості Q_1, Q_2, \dots, Q_n об'єкта дослідження; q_1, q_2, \dots, q_n - вагові коефіцієнти відповідного одиничного показника.

Імітансне контролювання за диференційним методом оцінювання якості при невідомій схемі заміщення об'єкта полягає у визначенні відношення між реактивними та активними складовими імітансу досліджуваного об'єкта Y_x та базового зразка Y_0 на частотах $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, відповідно, тобто [8]:

$$\frac{\text{Im}(Y_x)_{\omega_1}}{\text{Im}(Y_0)_{\omega_1}} = u_1; \frac{\text{Im}(Y_x)_{\omega_2}}{\text{Im}(Y_0)_{\omega_2}} = u_2; \dots; \frac{\text{Im}(Y_x)_{\omega_n}}{\text{Im}(Y_0)_{\omega_n}} = u_n; \quad (2)$$

$$\frac{\text{Re}(Y_x)_{\omega_1}}{\text{Re}(Y_0)_{\omega_1}} = g_1; \frac{\text{Re}(Y_x)_{\omega_2}}{\text{Re}(Y_0)_{\omega_2}} = g_2; \dots; \frac{\text{Re}(Y_x)_{\omega_n}}{\text{Re}(Y_0)_{\omega_n}} = g_n, \quad (3)$$

а при відомій схемі заміщення - відношення між її електричними параметрами X_1, X_2, \dots, X_n об'єкта контролю та відповідними параметрами $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}$ базового зразка, а саме:

$$\frac{X_1}{X_{01}} = d_1; \frac{X_2}{X_{02}} = d_2; \dots; \frac{X_n}{X_{0n}} = d_n, \quad (4)$$

де u_1, u_2, \dots, u_n - відношення реактивних складових; g_1, g_2, \dots, g_n - відношення активних складових; d_1, d_2, \dots, d_n - відносні значення

однотипних параметрів багатоеlementного двополюсника.

Зобразивши інформативні величини (в нашому випадку - комплексні провідності об'єктів порівняння ємнісного характеру) векторами на комплексній площині, отримуємо ілюстрацію обмеженої області можливих допустимих значень складових комплексної провідності.

На рис. 2 у вигляді виділених прямокутників і математичних виразів зображені діапазони змін інформативних електричних параметрів досліджуваних об'єктів, які можуть виникнути в процесі вимірювання. Наведені приклади стосуються різних видів продукції, якість якої оцінюється. Звідси можна зробити висновок, що діапазон зміни інформативних електричних параметрів може бути досить широким, причому співвідношення між складовими може знаходитися у деяких випадках від значень близьких до нуля (рис. 2а) або до безмежно великих значень (рис. 2б). Це вимагає від вимірювального засобу забезпечення вимірювань імітансу в широкому діапазоні зміни фазового кута (тангенса кута втрат чи добротності).

З наведеного очевидно, що вимірювальний засіб повинен здійснювати вимірювання складових в діапазонах (теоретично) $\infty \geq \text{Im}(Y_x) \geq 0$; $\infty \geq \text{Re}(Y_x) \geq 0$. Відповідно до цього фазовий кут може змінюватися в межах $0 \dots \pi/2$. Аналогічне твердження стосується випадку, коли об'єкт контролю подається імітансом іншого характеру, наприклад, індуктивного.

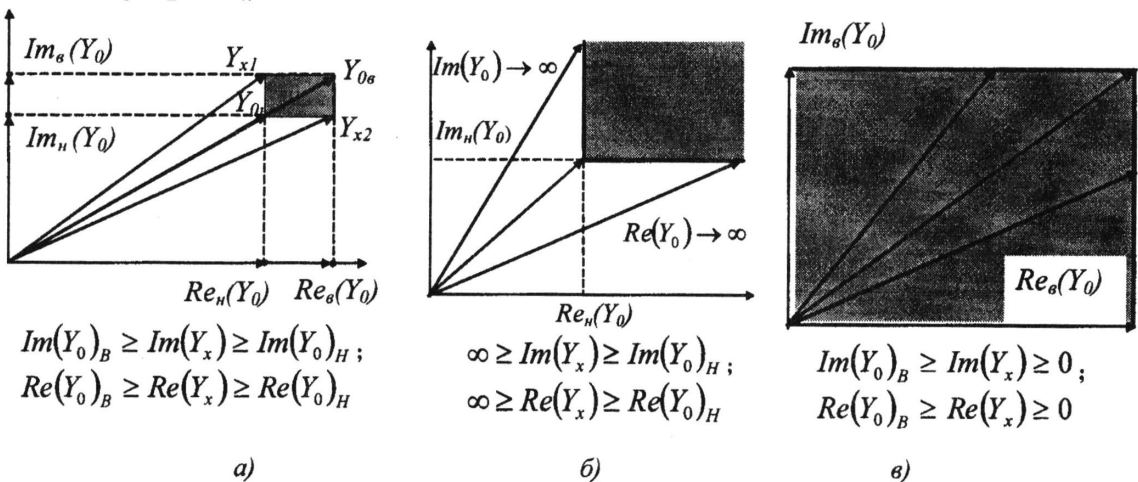


Рис. 2. Варіанти порівняння об'єкту контролю та базового зразка

Поряд з цим, на основі вказаного контролю показників якості за електричними параметрами

можна ідентифікувати окремі види продукції за відомими електричними параметрами їхніх базових

зразків. Тобто, імітансний контроль показників може бути основою для побудови одного із типів вимірювальних засобів для проведення ідентифікації продукції, що подається багатоелементним двополюсником. Практична реалізація такої концепції з визначенням кількісних характеристик того чи іншого фізико-хімічного параметра потребує бази даних про взаємозв'язок останніх з їх електричними параметрами. Це вимагає тривалих експериментальних досліджень кожного виду продукції стосовно виявлення характеру впливу окремих фізико-хімічних параметрів (властивостей) на електричні параметри, а саме на зміну імітансу. При цьому умови проведення досліджень та режими роботи вимірювальних засобів повинні строго регламентуватися.

Імітансний контроль якості будь-якого виду продукції, як вже вказано, потребує операції порівняння, як бази відліку відносно базового зразка. Так, при контролі показників якості об'єктів електричної природи – це зразкові елементи аналогічні до роду об'єктів контролю (резистор, конденсатор, індуктивність). Можливе використання і одного елемента (базового), а саме резистивного, електричні параметри якого несуттєво змінюються від зовнішніх чинників. Але при контролі показників якості об'єктів неелектричної природи обов'язковим об'єктом порівняння повинен бути базовий зразок, який є однорідним з об'єктом контролю. Проблеми забезпечення стабільності характеристик такого зразка пов'язані з тим, що вони суттєво залежать від зміни навколишнього середовища. А тому доцільно при реалізації імітансного контролю здійснювати вимірювальне перетворення характеристик об'єктів порівняння в електричний сигнал з врахуванням цього. Можливими є два шляхи здійснення вимірювальних операцій.

Перший полягає у проведенні вимірювань в однакових умовах, тобто здійснюється одночасне вимірювання як об'єкта контролю, так і базового зразка. Другий передбачає використання відомих залежностей параметрів базового зразка від впливних величин при розрахунках значень контрольованого показника. Це в свою чергу потребує певного виду експериментальних

досліджень продукції в умовах змін впливових факторів, а також додаткових засобів вимірювальної техніки для вимірювання значень кожної впливаючої величини.

Таким чином, показники якості продукції можна визначити за сукупністю електричних параметрів двополюсника. Це дає підстави для впровадження в практику імітансного контролю якості продукції, яку можна подати у вигляді багатоелементного двополюсника ємнісного чи індуктивного характеру. Тобто, для оцінювання рівня якості можна застосувати вимірювальні засоби, що реалізують вимірювання параметрів імітансу.

1. ДСТУ 3921.2-2000. *Забезпечення якості засобами вимірювальної техніки. Частина 2. Настанови щодо контролю процесів вимірювань.* К.: Держстандарт України, 2000. – 21 с.
2. Ситниченко В. *Тенденції якості у новому тисячолітті // Стандартизація. Сертифікація, якість.* - 2000.- №4. –С. 48-51.
3. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О. *Методи та засоби частотно - дисперсійного аналізу речовин та матеріалів: - Фізичні основи.* - К.: ФАДА, ЛТД, 2000, - 200 с.
4. Походило Є.В., Столярчук П.Г. *Використання імітансних вимірювань для оцінювання якості продукції // Матеріали третьої всеукраїнської науково-технічної конференції "Вимірювання витрати та кількості газу і нафтопродуктів".* 26-28 березня 2003 р.- Івано-Франківськ. - С. 105.
5. *Засоби вимірювання автоматичного зрівноважування / За ред. П.М. Таланчука - К.: Либідь, 1994. - 288 с.*
6. Атабеков Г.И. *Основы теории цепей. Учебник для вузов, М., "Энергия", 1969.-434 с.*
7. Походило Є.В., Столярчук П.Г. *Імітансний контроль якості продукції. // Вісник НУ "Львівська політехніка".- 2002.- №445. - С. 46-51.*
8. Походило Є.В., Столярчук П.Г. *Імітансний контроль якості речовин та матеріалів. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Збірник наукових праць. Вип. №9.- Том 1. Хмельницький. - 2002.- С. 35 - 37.*