

ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМІТАНСУ

© Євген Походило, Степан Остапчак, 2011

Запропоновано варіанти реалізації диференційного методу оцінювання якості за параметрами імітансу об'єктів кваліметрії

The variants of realization of differential method are offered of evaluation quality after the parameters of imitans objects of qualimetry

1. Вступ. Сьогодні для ідентифікації продукції (харчові продукти, паливно-мастильні матеріали, вода, лікарські препарати тощо) чи оцінювання рівня її якості пропонується багато різноманітних технічних засобів. Це як стаціонарні та дорогі, розраховані на лабораторне застосування органами Держспоживстандарту, так і портативні та дешеві засоби, орієнтовані на масового споживача у різних умовах застосування [1-3]. Оскільки такі засоби призначені, в основному, для контролю об'єктів електричної природи, то основна їх відмінність між собою у разі застосування їх для контролю неелектричних величин полягає в опрацюванні електричного інформативного параметра (чи параметрів), які містять інформацію про їх фізико-хімічні та інші властивості. На основі цього результатом, переважно, є виявлення кількісного вмісту того чи іншого компонента у продукції з метою порівняння з граничнодопустимими нормами такого виробу чи нормованими значеннями щодо того чи іншого рівня його якості. Тобто, за результатами контролю технічними засобами одиничних показників оцінюється рівень якості продукції, причому реалізація диференційного методу оцінювання [4] може бути як безпосередньо використаним засобом, так і додатковими розрахунками у вигляді відносних одиничних показників чи комплексного показника, поданого одним числом.

2. Застосування вимірювачів імітансу в кваліметрії. Останніми роками для контролю параметрів об'єктів неелектричної природи широке застосування набувають вимірювачі параметрів імітансу з широким частотним діапазоном тестового сигналу та додатковим залученням до вимірювального процесу відповідно до агрегатного стану об'єкта первинних перетворювачів [5]. З'явився при цьому навіть новий термін для таких засобів – аналізатори імітансу [6]. Зумовлено це, перш за все, тим, що будь-який об'єкт контролю з різним рівнем електропровідності можна подати у вигляді електричного двополосника, параметри імітансу якого можна легко проаналізувати традиційними вимірювачами CLR-параметрів [7]. Такими параметрами здебільшого є повний опір та фазовий кут, активні опір та провідність, ємність та індуктивність, активні та реактивні складові імпедансу чи адмітансу. Оскільки такі об'єкти контролю в частотному діапазоні описуються багатоелементними схемами заміщення, а традиційні вимірювачі CLR-параметрів здійснюють вимірювання за прийнятими в

такого класу засобах двоелементним схемам, то виміряні зазначені параметри будуть лише еквівалентними на заданій частоті вимірювання. Окрім цього, практично всі моделі таких вимірювальних засобів здатні здійснювати вимірювання лише одного об'єкта контролю (один вхідний пристрій) і тим самим не пристосовані до безпосередньої реалізації зазначеного диференційного методу.

3. Концепція диференційного імітансного методу контролю якості.

Концепція імітансного контролю якості продукції неелектричної природи ґрунтується на вимірюваннях параметрів моделі (багатоелементний двополіусник), якою подається об'єкт в колі змінного струму, а також на умовах та методиках, прийнятих в кваліметрії [8]. 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. Оскільки двополіусник, яким подається об'єкт контролю, описується багатоелементною схемою заміщення, то необхідно таке порівняння здійснювати на декількох фіксованих частотах тестового сигналу. Електричні величини такого двополіусника (адмітанс Y чи імпеданс Z) відображають відповідні одиничні показники об'єктів неелектричної природи (домішки, концентрацію, вологість, жирність, октанове число тощо) та зв'язані з ними певною залежністю. За таким способом визначається відносний показник якості, що для імітансного контролю загалом є відношенням між реактивними ($\text{Im}(X)$, $\text{Im}(X_0)$) та активними ($\text{Re}(X)$, $\text{Re}(X_0)$) складовими імітансу, відповідно, досліджуваного об'єкта X та базового зразка X_0 на фіксованих частотах $f_1, f_2, \dots, f_n$ при відсутності їх схем заміщення, а саме

$$\frac{\text{Im}(X)_{f_1}}{\text{Im}(X_0)_{f_1}} = q_1, \quad \frac{\text{Im}(X)_{f_2}}{\text{Im}(X_0)_{f_2}} = q_2, \quad \dots, \quad \frac{\text{Im}(X)_{f_n}}{\text{Im}(X_0)_{f_n}} = q_n, \quad (1)$$

$$\frac{\text{Re}(X)_{f_1}}{\text{Re}(X_0)_{f_1}} = g_1, \quad \frac{\text{Re}(X)_{f_2}}{\text{Re}(X_0)_{f_2}} = g_2, \quad \dots, \quad \frac{\text{Re}(X)_{f_n}}{\text{Re}(X_0)_{f_n}} = g_n, \quad (2)$$

де $q_1, q_2, \dots, q_n$ - відносний показник реактивних складових; $g_1, g_2, \dots, g_n$ - відносний показник активних складових.

Вирази (1), (2) описують відомий у кваліметрії диференційний метод оцінювання якості будь-якої продукції. У даному разі мається на увазі продукція, яку можна подати у вигляді багатоелементного двополіусника.

4. Постановка задачі. При застосуванні традиційних вимірювачів імітансу є можливим лише послідовного в часі вимірювання параметрів спочатку контрольованого, а потім базового зразка, причому операцію заміщення необхідно здійснювати вручну. Зумовлено це наявністю одного вхідного пристрою. Навіть за цих умов можлива реалізація диференційного методу, знаючи наперед значення відповідних складових імітансу базового зразка. Але при цьому необхідне виконання однакових як умов їх вимірювання, так і однакових засобів. Розміщення на вході вимірювача додаткового керованого комутатора недоцільне через внесення ним неінформативного імітансу у вимірювальне коло, тим більше що вхідні кола таких засобів неоднакові. Тобто, для реалізації диференційного методу послідовно в часі необхідно додатково опрацьовувати результати вимірювання, а це призводить до погіршення оперативності контролю якості. Тим більше, що диференційний метод передбачає лише встановлення відносних значень одиничних чи комплексних показників. Разом з тим, одночасне

вимірювання контролюваного та базового зразків практично усуває вплив навколишнього середовища (температура, вологість тощо) та змушує використовувати одні і тіж засоби.

На основі зазначеного впливає постановка задачі, що полягає у створенні оперативних засобів контролю якості продукції за параметрами імпедансу на основі безпосередньої реалізації диференційного методу. Це дасть можливість суттєво спростити такого характеру вимірювальний засіб, а тим самим зробити його доступним широкому колу споживачів.

5.Реалізація диференційного методу. Авторами пропонується два варіанти побудови диференційного вимірювача імпедансу, а саме структура засобу з паралельним векторним перетворенням (рис.1.) та з одночасним векторним перетворювачем (рис.2). Як інформативний електричний параметр двополусника приймається його адмітанс.

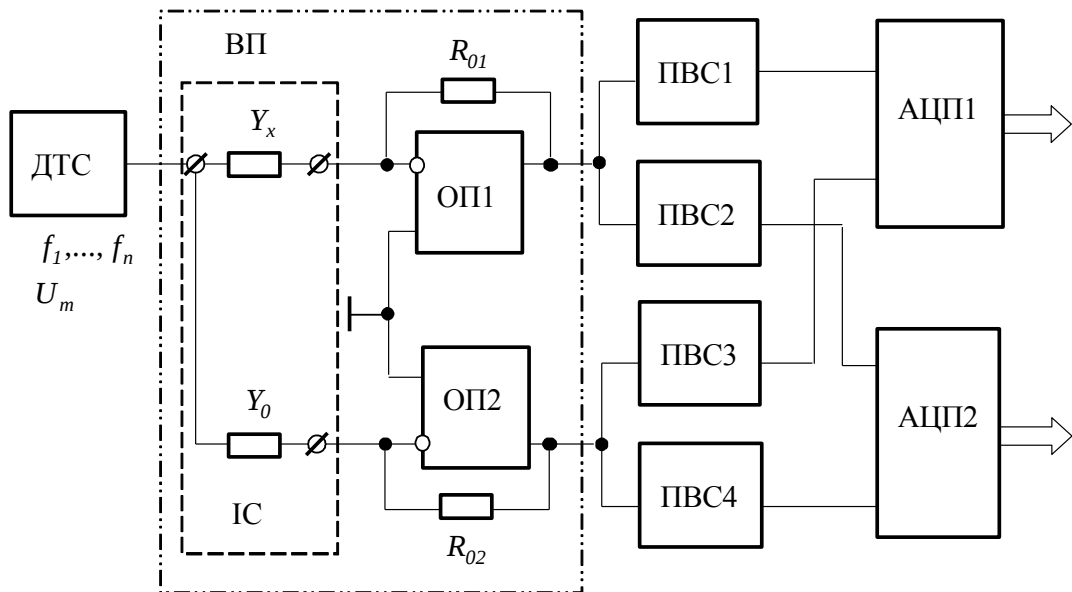


Рис.1. Структурна схема засобу з паралельним векторним перетворенням

Структура (рис.1) містить джерело тестового сигналу ДТС, диференційний векторний перетворювач ВП, елементами якого є імпедансний первинний перетворювач (імпедансний сенсор ІС ємнісного типу) із контрольованим та базовим елементами з адмітансами Y_x та Y_0 , відповідно, зразковими резистивними елементами R_{01} та R_{02} та операційними підсилювачами ОП1, ОП2, а також перетворювачі ПВС1, ПВС3 векторних напруг $\dot{U}_x$ та $\dot{U}_0$ ВП у реактивні та перетворювачі ПВС2, ПВС4 у активні складові, аналого-цифрові перетворювачі АЦП1, АЦП2.

Під дією тестового сигналу встановлених рівня U_m та частоти f_1 векторним перетворювачем формуються напруги

$$\dot{U}_x = a_1 U_m R_{01} Y_x = a_1 U_m R_{01} (G_x + jB_x), \quad (3)$$

$$\dot{U}_0 = a_2 U_m R_{02} Y_0 = a_2 U_m R_{02} (G_0 + jB_0), \quad (4)$$

де a_1, a_2 - коефіцієнти перетворення перетворювачів на ОП1 та ОП2; G_x, G_0 та B_x, B_0 - активні та реактивні складові об'єктів контролю.

Перетворювачами ПВС1, ПВС3 та ПВС2, ПВС4 виділяються, відповідно, реактивні та активні складові у вигляді напруг U_1 , U_3 та U_2 , U_4 постійного струму, а саме:

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

$$U_3 = a_2 b_3 U_m R_{02} B_0, \quad (6)$$

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

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

де b_1, b_2, b_3, b_4 - коефіцієнти перетворення відповідних ПВС.

АЦП1 здійснює перетворення напруг (5), (6), а АЦП2 – напруг (7), (8) у цифрові коди

$$N_1 = \frac{U_1}{U_3} = \frac{a_1 b_1}{a_2 b_3} \frac{R_{01}}{R_{02}} \frac{B_x}{B_0}, \quad (9)$$

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

При сталих значеннях коефіцієнтів та зразкових опорів на виході АЦП безпосередньо отримуємо відносні показники реактивної та активної складових об'єктів порівняння. Аналогічні результати матимемо при інших значеннях частоти тестового сигналу. Від рівня тестового сигналу, як видно з виразів результат не залежить.

Структура (рис.2) засобу містить аналогічні елементи, за винятком додатково введеного обчислювального пристрою ОП. При цьому векторний перетворювач виконано на одному операційному підсилювачі, а перетворювач ПВС3 формує опорну напругу АЦП, пропорційну напрузі ДТС.

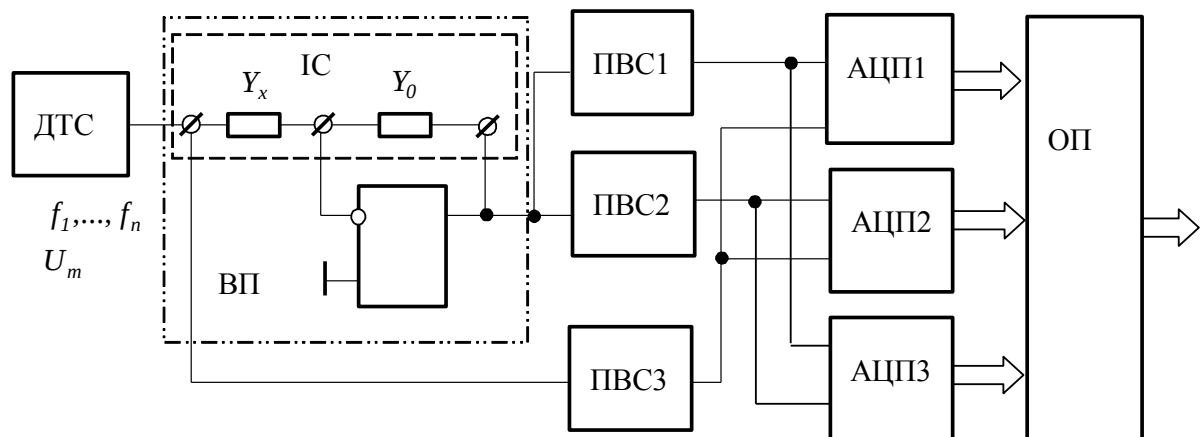


Рис.2. Структурна схема засобу з одночасним векторним перетворенням

На виході векторного перетворювача маємо

$$\dot{U} = aU_m \frac{Y_x}{Y_0} = aU_m \frac{G_x + jB_x}{G_0 + jB_0}. \quad (11)$$

При $Y_x = G_x + jB_x$ та $Y_0 = G_0 + jB_0$ вираз (1) приймає вигляд

$$\dot{U} = aU_m \frac{G_x + jB_x}{G_0 + jB_0} = aU_m \frac{G_x G_0 + B_0 B_x}{G_0^2 + B_0^2} + jaU_m \frac{B_x G_0 - B_0 G_x}{G_0^2 + B_0^2} \quad (12)$$

і тоді на виходах ПВС1, ПВС2 та ПВС3 отримаємо активну та реактивну складові напруги $\dot{U}$, що описуються виразами

$$U_1 = ab_1 U_m \frac{G_x G_0 + B_0 B_x}{G_0^2 + B_0^2}, \quad (13)$$

$$U_2 = ab_2 U_m \frac{B_x G_0 - B_0 G_x}{G_0^2 + B_0^2} \quad (14)$$

$$U_3 = b_3 U_m. \quad (15)$$

Для однієї частоти тестового сигналу при однакових коефіцієнтах перетворення ПВС1, ПВС2 та ПВС3 вихідні коди АЦП1 та АЦП2 відповідно зв'язані такими функціональними залежностями

$$N_1 = k_1 \frac{\frac{G_x}{G_0} + \frac{B_0}{G_0} \frac{B_x}{G_0}}{1 + \left(\frac{B_0}{G_0}\right)^2}, \quad N_2 = k_2 \frac{\frac{B_x}{G_0} - \frac{B_0}{G_0} \frac{G_x}{G_0}}{1 + \left(\frac{B_0}{G_0}\right)^2}, \quad N_3 = k_3 \frac{\frac{G_x}{G_0} + \frac{B_0}{G_0} \frac{B_x}{G_0}}{\frac{B_x}{G_0} - \frac{B_0}{G_0} \frac{G_x}{G_0}}, \quad (16)$$

$$\text{де } k_1 = \frac{b_1}{b_3}, \quad k_2 = \frac{b_2}{b_3}, \quad k_3 = \frac{b_1}{b_2}.$$

З рівнянь (16) знаходимо відношення $\frac{G_x}{G_0}$ та $\frac{B_0}{G_0}, \frac{B_x}{G_0}$.

Таким чином отримуємо відносний показник активних складових $q = \frac{\operatorname{Re}(Y_x)}{\operatorname{Re}(Y_0)} = \frac{G_x}{G_0}$, а відносний показник реактивних складових $g = \frac{\operatorname{Im}(Y_x)}{\operatorname{Im}(Y_0)} = \frac{B_x}{B_0}$

знаходимо в результаті ділення $\frac{B_x}{G_0}$ на $\frac{B_0}{G_0}$.

6.Висновки. На основі запропонованих структур вимірювальних засобів можна будувати засоби контролю якості будь-якої продукції, поданої з допомогою ємнісних первинних перетворювачів імітансом двополюсника. Безпосередня реалізація диференційного методу оцінювання якості дозволяє максимально спростити вимірювальний засіб та зменшити тривалість оцінювання якості продукції. В даному разі немає потреби знати параметри базового зразка та вимірювати абсолютні значення параметрів контролюваного об'єкта, оскільки безпосередньо визначається відхилення відносного показника від одиниці. За отриманим значенням показника можна оперативно класифікувати продукцію за рівнями якості.

1.Лабузов А.Е., Ламеко А.Л., Сурду М.Н. Прецизионные измерители импеданса (RLC-метры: Состояние рынка и тенденции развития. // www.promix.com.ua/public/RLC.pdf. 2.Измерители иммитанса. // www.pribory.com/products/radio-metering/RLC-indicators. 3.priboryspb.ru/categories/Izm_RLC. 4.И.Ф.Шишкин. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества:учебное пособие.-М.:Изд-во стандартов, 1987.- С 320. 5.Івах Р.М. Ємнісні первинні перетворювачі діелектричної проникності сипких матеріалів. Автореф. канд. дис. 2008. 6. Агамалов Ю.Р., Бобылев Д.А., Кнеллер В.Ю. Виртуальные измерители-анализаторы параметров импеданса. Датчики и системы. №5, 2004. 7.Кнеллер В.Ю., Боровских Л.П. Определение параметров многоэлементных двухполюсников. – М.:Энергоатомиздат, 1986.-144 с. 8. Походило Є.В. Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імітансу об'єктів кваліметрії: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.11.05 / Національний ун-т "Львівська політехніка". Львів, 2004. - 40с.