

Н.Л. Плахтій, Є.В. Походило
Національний університет Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІМІТАНСУ

© Плахтій Н.Л., Походило Є.В., 2009

Досліджено залежність реактивної та активної складових імітансу двополюсника, яким подано автомобільне паливе. Уточнено схему заміщення такого двополюсника та проаналізовано його математичну модель у частотному діапазоні тестового сигналу.

Dependence of reactive and active constituents of double pole immitance which gives a motor-car fuel is explored. The chart of substitution of such doublepole is specified and analysed his mathematical model in the frequency range of test signal.

Вступ. Серед методів контролю якості автомобільних бензинів лише моторний та дослідницький (для контролю октанового числа), а також хімічні методи (для контролю інших параметрів) мають стандартизовані методики та є базовими для порівняння з іншими методами. Однак тривалість такого контролювання, а також його недоступність споживачу через високу ціну самого засобу стимулюють пошук нових, експресивних та альтернативних методів контролю якості бензину. До таких належить метод, який використовує залежність діелектричної проникності бензинів від його якості [1]. Сьогодні відомо багато портативних октаномірів, побудованих за таким принципом роботи (дієлькометричних), тобто ємність первинного перетворювача пропорційна до діелектричної проникності. Однак використовують такі засоби споживачі лише на добровільних засадах, а тому вони не можуть конкурувати з традиційними засобами для контролю якості автомобільного бензину органами Держспоживстандарту [2].

Проблема. Проблема контролю якості дієлькометричними засобами полягає в тому, що існують різні за технологіями виготовлення види бензинів [3]. Одні виготовлені за стандартизованими технологіями і мають стабільні показники якості щодо марки, а відповідно і “свою” діелектричну проникність. Інші виготовлені з використанням різних добавок до бензинів низької якості з метою підвищення їхнього октанового числа (“покращання якості”), що приводить також до підвищення діелектричної проникності. Тому споживач, використовуючи дієлькометричні засоби контролю, не може відрізнити якісний бензин від фальсифікованого, оскільки як в першому, так і в другому випадках діелектрична проникність однаково пропорційна до октанового числа. Відчуває таку відмінність бензинів безпосередньо лише двигун автомобіля та навколишнє середовище (екологія).

Аналіз дієлькометричних засобів контролю. Зазначена вище проблема не зменшує пропозицій ринку засобів контролю, що реалізують дієлькометричний метод. Привабливість дієлькометричного методу контролю, реалізованого в засобах, завдяки простоті та оперативності змушує науковців вдосконалювати такі засоби. Сприяє цьому розвиток електроніки, сенсорики та обчислювальної техніки. Вдосконалення дієлькометричних октаномірів полягає у вдосконаленні переважно способу вимірювання ємності сенсора через покращання метрологічних характеристик первинного перетворювача, оптимальний вибір з’єднувальної схеми перетворювача та приладу, введенням різного роду коригувань із залученням мікропроцесорної техніки тощо. Однак, як

показують дослідження, об'єкт контролювання (бензин), крім ємнісної складової (ємність), має і активну складову (провідність), яка може істотно впливати на результат вимірювання ємності. Переважно діапазон її зміни лежить у межах $(5 - 100) \frac{\text{нСм}}{\text{м}}$, а активна провідність поганих бензинів

зростає до $1 \frac{\text{мкСм}}{\text{м}}$, що істотно впливає на результат вимірювання інформативної ємності. Тому

для підвищення точності вимірювання ємності авторами пропонується компенсація активної складової схемотехнічними заходами [4]. В інших октаномірах реалізується вимірювання повного опору кондуктометричної комірки з бензином. У різних октаномірах використовується тестовий сигнал різних форми, рівня та фіксованої частоти. Тим самим спрощується модель об'єкта контролю, переважно вона, незалежно від частоти тестового сигналу, приймається одно- чи двоелементною. Тому споживачі отримують різні результати вимірювань октанового числа бензинів такими засобами, особливо неякісних бензинів.

Постановка задачі. Автори роботи розглядають цей об'єкт контролю в частотному діапазоні тестового сигналу як багатоелементний двополюсник, параметри імітансу якого містять інформацію про окремі його фізико-хімічні властивості [5, 6]. Відомий діелькометричний метод, що використовують сучасні октаноміри, є частковим видом імітансного методу контролю. Пропонується дослідити зміну реактивної та активної складових імітансу комірки з бензином у разі зміни частоти тестового сигналу та її рівня. За результатами досліджень уточнити електричну та математичну моделі об'єкта контролю.

Дослідження бензину за параметрами імітансу. Дослідження виконували з використанням ємнісного первинного перетворювача плоскопаралельної конструкції електродів. Міжелектродний простір перетворювача заповнювали бензином однієї марки А92, але взятим з різних автозаправних станцій (АЗС), а саме: "Петроль", "Руно" та "Укрнафта".

Оскільки об'єкт вимірювання належить до високоомних, то вимірювалися параметри адмітансу Y_x , а саме: реактивна $\text{Re}(Y_x)$ та активна $\text{Im}(Y_x)$ складові [7].

Вимірювання реактивної та активної складових імітансу ємнісної комірки з бензином здійснювалися вимірювачем імітансу в діапазоні частот 60 Гц – 100к Гц та при зміні рівня тестового сигналу в межах (0,1 – 2,0) В. Графічно результати досліджень складових у частотному діапазоні подано на рис. 1.

Дослідження показали, що реактивна складова імітансу двополюсника лінійно залежить від частоти тестового сигналу в заданому діапазоні (рис.1, а). Це свідчить про незалежність ємності комірки в діапазоні 60 Гц – 100 кГц від частоти. Активна складова до 1 кГц є незначною, меншою за 0,1 нСм, а надалі із зростанням частоти змінюється нелінійно (рис.1, б). Якщо реактивні складові бензинів різних АЗС незначно відрізняються, то між активними складовими із зростанням частоти отримано помітні відмінності. Зміна рівня тестового сигналу практично не впливає на результати вимірювань складових адмітансу.

На основі отриманих результатів та їхнього аналізу можна зробити висновок, що загалом схема заміщення ємнісної комірки з бензином не обмежується лише двома елементами. За характером отриманих залежностей схема заміщення містить елементи, що додатково вносять нелінійну залежність активної складової від частоти.

Окрім цього, оскільки бензин належить до високоомних об'єктів, то істотний вплив на результат мають паразитні параметри.

З урахуванням паразитних параметрів схеми під'єднання комірки до входу приладу та початкових параметрів первинного перетворювача у вигляді ємності C та опору R та провідності Y безпосередньо ємнісної комірки з бензином схема має вигляд, зображений на рис. 2.

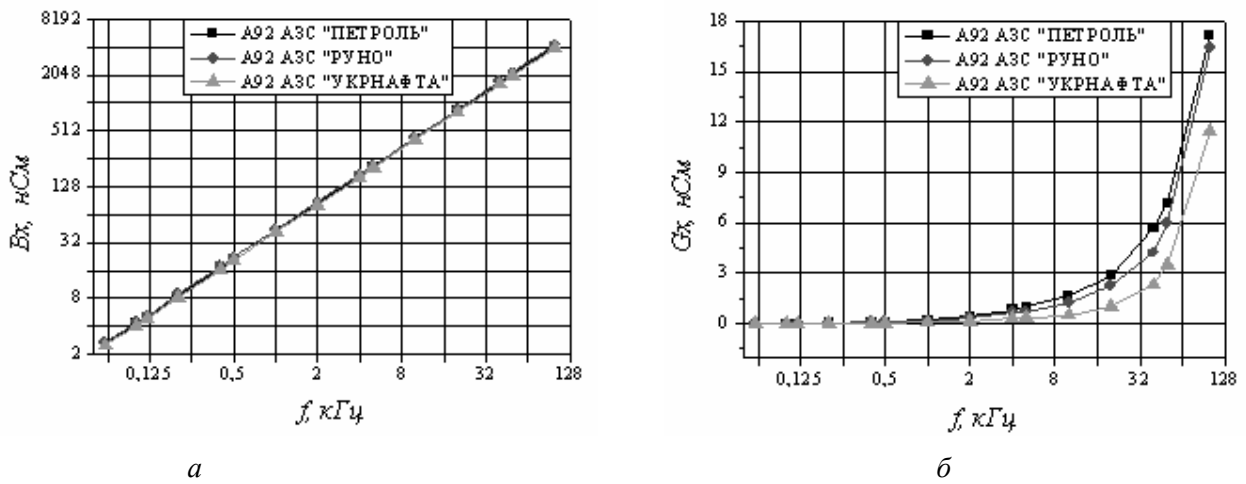


Рис.1. Графічне подання реактивної та активної складових імпедансу від частоти тестового сигналу в діапазоні 60 Гц – 100 кГц

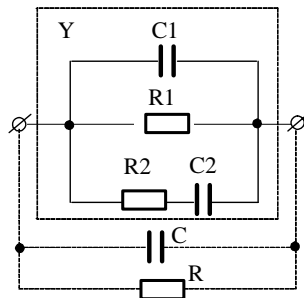


Рис.2. Схема заміщення об'єкта контролю

Провідність Y ємнісної комірки визначається увімкнутими паралельно елементами C_1 , R_1 , що характеризують основну провідність та послідовно увімкнутими елементами C_2 та R_2 , що змінюють провідність залежно від частотного діапазону. Всі зазначені елементи схеми є інформативними в певному частотному діапазоні. Через адитивний характер зміни параметрів C та R схеми останні можуть бути враховані до вимірювання. Тому розглянемо лише провідність комірки Y (рис.1), яка описується виразом (1).

$$Y = \frac{1}{R_1} + j\omega C_1 + \frac{j\omega C_2}{1 + j\omega C_2 R_2}, \quad (1)$$

звідки отримаємо для наведеної схеми реактивну та активну складові, відповідно

$$\text{Im}(Y) = \omega C_1 + \omega C_2 \frac{1}{1 + (\omega C_2 R_2)^2}, \quad (2)$$

$$\text{Re}(Y) = G_1 + \frac{\omega^2 C_2^2 R_2}{1 + \omega^2 C_2^2 R_2^2}. \quad (3)$$

Аналіз виразів (2) та (3) показує, що при $(\omega C R)^2 \ll 1$ одержимо

$$\text{Im}(Y) = \omega C_1 + \omega C_2 \quad (4)$$

$$\text{Re}(Y) = G_1 + \omega^2 C_2^2 R_2. \quad (5)$$

Тобто одержані вирази справедливими є для описування адмітансу досліджуваної комірки з бензином у вказаному діапазоні зміни частоти тестового сигналу. На вищих частотах дослідження

не здійснювалися, однак аналіз математичної моделі показує, що при $(\omega CR)^2 \gg 1$ складові описуються виразами:

$$\text{Im}(Y) = \omega C_1 + \frac{1}{\omega C_2 R_2^2}, \quad (6)$$

$$\text{Re}(Y) = G_1 + \frac{1}{R_2}. \quad (7)$$

Висновки. На основі виконаних експериментальних досліджень автомобільного пального за допомогою ємнісного первинного перетворювача та аналізу отриманої математичної моделі виявлено таке:

1) Схема заміщення двополюсника в частотному діапазоні 1 кГц–100 кГц, яким подається цей об'єкт контролю, є чотириелементною.

2) На частотах тестового сигналу звукового та ультразвукового діапазону реактивна складова імпедансу такого двополюсника має дві складові, які лінійно залежать від частоти, а активна – стала складову та складову, яка нелінійно залежить від частоти.

Рекомендації. Для побудови засобів оцінювання якості автомобільного бензину з використанням залежності діелектричної проникності від його якості необхідно:

1) Використовувати частоту тестового сигналу вище за 1кГц, що уможливило оцінювання якості як за реактивними, так і за активними параметрами схеми заміщення.

2) Враховувати, що рівень тестового сигналу на результат вимірювання складових не впливає.

3) Для оцінювання якості диференційним методом необхідно порівнювати значення реактивної та активної складових імпедансу контрольованих та базових зразків бензинів на фіксованих частотах.

1. Походило Є.,В., Столярчук П.Г., Серкіз А.В., Курдидик Р.В. Контроль якості бензину ємнісним методом // *Матеріали VI Міжнародної конференції “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2001). – Вінниця, 8–12 жовтня 2001. – С. 65–68.* 2. ДСТУ 4063-2001. Бензини автомобільні. Технічні умови. 3. Гуреев А.А., Азев В.С. *Автомобильные бензины. Свойства и применение: Учебное пособие для вузов.* – М.: Нефть и газ, 1996. – 444 с. 4. <http://vtu.rbcmail.ru>. 5. Походило Є.В. *Вимірювач параметрів імпедансу багатоелементних двополюсників // Вимірювальна техніка та метрологія.* – 2003. – Вип. 62. – С. 24–27. 6. Походило Є.В., Плахтій Н.Л. *Оцінювання якості продукції за параметрами імпедансу // Матеріали IV Міжнародної конференції “Стратегія якості в промисловості і освіті”. – 30 травня – 6 червня 2008. – С. 778–780.* 7. Походило Є.В. *Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імпедансу об'єктів кваліметрії: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.11.05 / Національний ун-т “Львівська політехніка”.* – Львів, 2004. – 40 с.