

ВИЯВЛЕННЯ ФАЛЬСИФІКАЦІЇ ГОРІЛКИ МЕТОДОМ АДМІТАНСНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Походило Є.В., д.т.н. проф., Куць В.Р., к.т.н. доц., Стасишин Ю.Г., аспірант кафедри інформаційно-вимірjувальних технологій

¹ – кафедра інформаційно-вимірjувальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», Україна; e-mail: evgenp@meta.ua;

² – кафедра інформаційно-вимірjувальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», Україна; e-mail:

³ – аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

1. Анотація

В роботі проаналізовано способу контролю якості горілки за електричними параметрами, зокрема діелектричною проникністю, питомою провідністю та компонентами імітансу. Також проаналізовано результати експериментальних досліджень окремих зразків спиртових розчинів та горілок різних марок імітансним методом (імпеданс на та адмітансна спектроскопія). На основі цього запропоновано способи виявлення фальсифікації горілочаних виробів методом адмітансної спектроскопії. Інформативним параметром вибрано реактивну компоненту адмітансу об'єкта контролю. Проаналізовано два види фальсифікації. Перший - це фальсифікація оригінальної горілки заміною її водно-спиртовим розчином (спирт і дистильована вода). Другий – заміною однієї марки горілки іншою (дешевшою). Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень двох видів об'єктів за реактивними компонентами їхніх адмітансів у частотному діапазоні (100Гц-100кГц) показав наступне. Виявлені характерні особливості залежностей реактивних компонент від частоти. Встановлено, що вони мають екстремальні значення на різних частотах. При цьому реактивна компонента адмітансу водно-спиртових розчинів досягає екстремального значення на початку діапазону. Така ж компонента оригінальних горілок різних марок має екстремальні значення в кінці діапазону. На основі цього запропоновано способи оперативного виявлення фальсифікацій.

2. Ключові слова

Реактивна компонента, адмітанс, частота, екстремальне значення, спирт, горілка, якість, фальсифікація.

3. Вступ

Виявлення фальсифікації здійснюється органолептичними, хімічними та електричними методами. Органолептичний метод є здебільшого неефективним, хімічні методами потребують спеціальних засобів та не забезпечують оперативності контролю. Електричними методами забезпечується об'єктивність та оперативність контролю, а також простота реалізації методу. Прикладом електричних методів є метод імпедансної спектроскопії, який останні десятиріччя використовується для контролю параметрів різних об'єктів неелектричної природи [1-4]. Одним із таких об'єктів є спиртні напої, зокрема горілочані вироби. Масова поява на ринку горілочаної продукції низького рівня якості зумовлена індивідуальною підробкою горілочаних виробів під продукцію великих виробників. Невраховується продукція, що випускається поза виробничим контролем, а також заміною в процесі транспортування продукції від виробника до споживача фальсифікованим аналогом. Найпоширенішою фальсифікацією горілочаних виробів є заміна їх водно-спиртовим розчином (спирт і дистильована вода) або через невідповідності марки горілки (замість горілки однієї марки подається інша). Відомий спосіб визначення марок горілчано-коньячних напоїв [5]. За таким способом прикладають до проби досліджуваного напою змінний електричний струм та визначають відношення реактивної та активної компонент електропровідності напою від частоти змінного струму. Потім визначають частоти мінімуму та максимуму частотної залежності в екстремумах такого відношення. При цьому використовують змінний струм частотного діапазону від 0,1 Гц до 200кГц, а також визначають відношення на частотах 2кГц та 200кГц. Через порівняння отриманих параметрів з еталонними значеннями визначають марку напою. Однак за таким способом не здійснюється виявлення фальсифікації.

4. Недоліки

Недоліком відомого електричного способу є широкий діапазон частот, в межах якого здійснюються вимірювання. Також необхідно вимірювати багато інформативних параметрів, що ускладнює технічний засіб для реалізації способу. Окрім цього у способі не ставиться питання виявлення факту фальсифікації напою. Саме тому оперативність контролю якості такої продукції та виявлення її фальсифікації є актуальним.

5. Мета роботи

Метою роботи є розроблення способу оперативного виявлення фальсифікації горілки.

6. Виявлення фальсифікації методом імпедансної спектроскопії

6.1. Дослідження горілочаних виробів методом імпедансної спектроскопії.

Одним із електричних методів виявлення фальсифікації харчової продукції є імпедансний метод (метод імпедансної чи адмітансної спектроскопії) [6]. Це підтверджують результати експериментальних досліджень деяких харчових продуктів, зокрема горілочаних виробів [7,8], м'яса [9], виявлення добавок у харчовій продукції [10] тощо. Експериментальні дослідження зміни реактивних та активних компонент адмітансу контрольованого продукту виявили класифікаційні ознаки, за якими можна оперативно виявити фальсифікацію окремих видів харчової продукції. Для цього необхідно використати для порівняння реактивні компоненти адмітансів контрольованого продукту та відповідного стандартного (базового) зразків. Характерною ознакою залежності реактивної компоненти $\text{Im}(Y)$ від частоти тестового сигналу f є наявність екстремального значення кривої на окремих частотах. Відмінності між фальсифікованим та базовим зразком полягають у тому, що екстремальні значення реактивної компоненти проявляються на окремих частотах різного частотного діапазону.

6.2. Аналіз результатів експериментальних досліджень

Для експериментальних досліджень використано триелектродний первинний перетворювач (сенсор) коаксіальної конструкції та вимірювач параметрів імпедансу BR 2827. Вимірювалися активні та реактивні компоненти адмітансу водно-спиртового розчину різної концентрації та горілки різних марок у частотному діапазоні 100Гц-100кГц.

Отримані результати експериментальних досліджень у гафічному вигляді [7-8] наведені на рис.1 та рис.2.

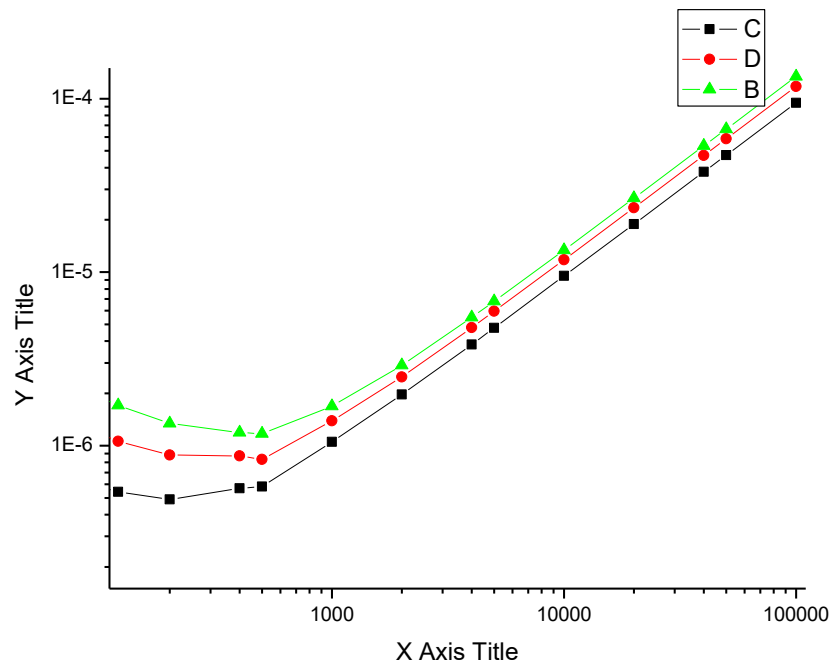


Рис.1. Залежність реактивних складових адмітансів спиртових розчинів різної концентрації від частоти

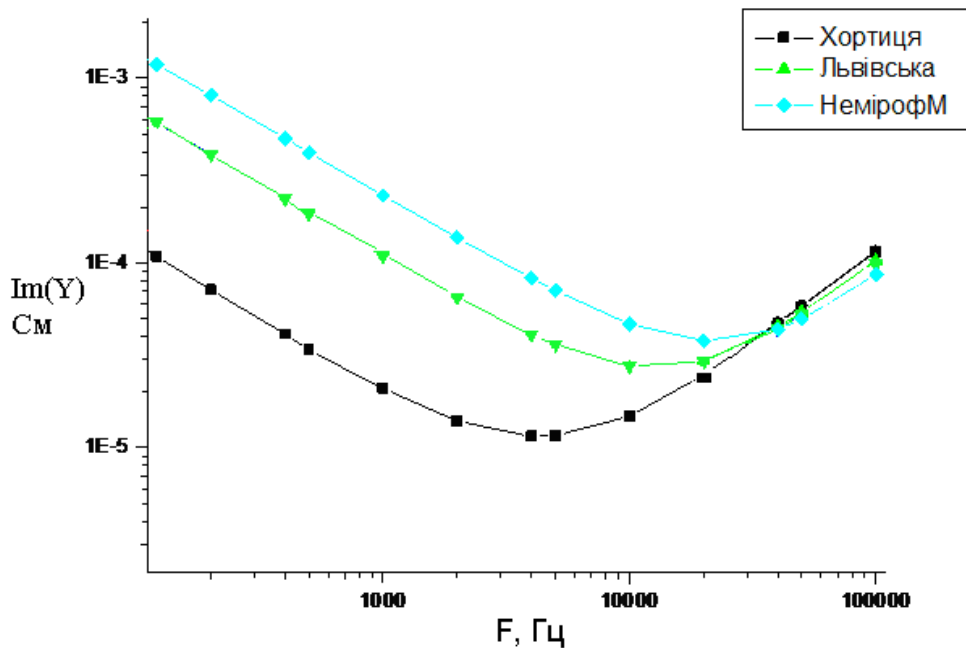


Рис.2.Залежність реактивних складових адмітансів горілок різних марок від частоти

Аналіз отриманих результатів (рис.1, рис.2) експериментальних досліджень показав наступне. Характер реактивної компоненти горілок відрізняється тим, що вона містить лінійні частини (на початку діапазону та в кінці) та явно виражене екстремальне значення, що відповідає певній частоті. Причому кожна марка горілки має свою частоту, на якій таке значення проявляється. Аналогічні екстремальні значення спостерігаються і для спиртових розчинів, однак частота, на якій вони є набагато нижча від частоти для горілок. Для розбавленого водно-спиртового розчину різної концентрації (вміст води у спирті) (з урахуванням рис.1), частота знаходиться на початку діапазону (100-300Гц) а для горілки в діапазоні від 3кГц до 30кГц (рис.2).

7. Способи виявлення фальсифікації горілки

Спосіб1. На основі аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень (рис 1. та рис.2) наведено ілюстрацію реалізації способів фальсифікації горілки. Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки водно-спиртовим розчином наведена на рис.3. На рисунку зображені залежності реактивної компоненти адмітансу водно-спиртового розчину (крива C) та оригінальної горілки (крива D).

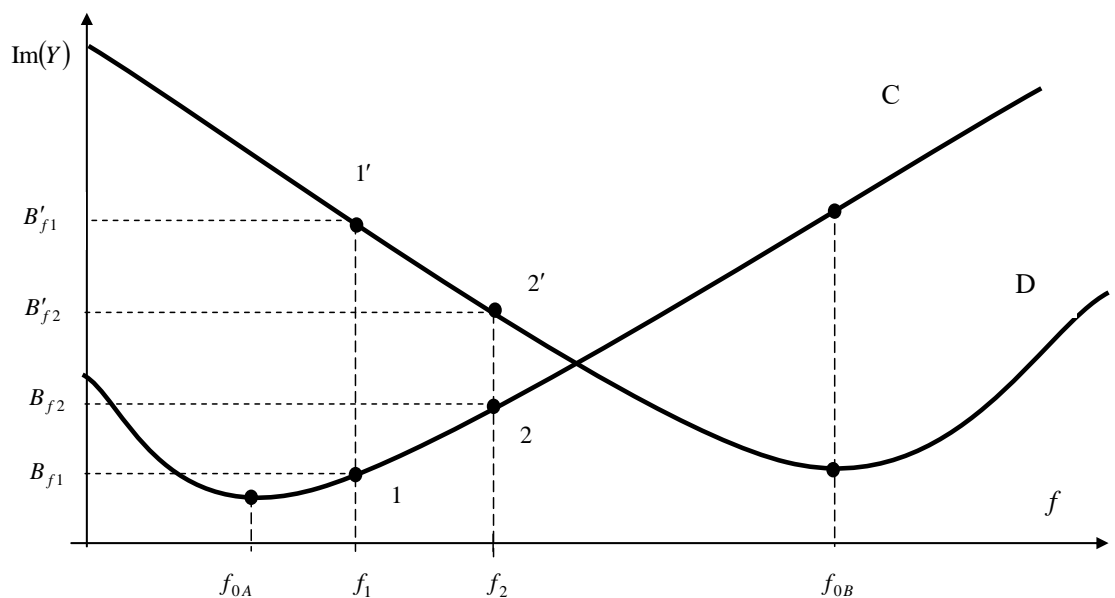


Рис.3. Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки водно-спиртовим розчином

Як видно з рис.3 криві С і D суттєво відрізняються частотами f_{0A} та f_{0B} , на яких вони мають екстремальні значення. При цьому для кривої С реактивна компонента в діапазоні частот $f_{0A} - f_{0B}$ має наростаючий характер із зростанням частоти. Реактивна компонента для кривої В у цьому ж діапазоні із зростанням частоти спадає. У зазначеному частотному діапазоні необхідно вибрати частоти, на яких значення кривої А зростає, а кривої В спадає. Це можна вважати ідентифікаційною ознакою виявлення фальсифікованої горілки через заміну її розбавленим спиртом.

Для ідентифікації такого водно-спиртового розчину (фальсифікована горілка) достатньо виміряти реактивну компоненту $\text{Im}(Y)$ адмітансу контрольованого об'єкта на двох фіксованих частотах f_1 та f_2 (рис.3). Частота f_1 повинна бути вищою за 300Гц, як показали результати експериментальних досліджень водно-спиртового розчину різної концентрації (рис.1).

Якщо отримане значення компоненти на частоті f_1 є меншим від значення на частоті f_2 ($B_{f1} < B_{f2}$), то горілка фальсифікована і являє собою водно-спиртовий розчин (розбавлений водою спирт). Якщо виміряне значення компоненти на частоті f_1 є більшим від значення на частоті f_2 ($B'_{f1} > B'_{f2}$), то контрольований об'єкт є оригінальною горілкою.

Спосіб 2. Ілюстрація способу фальсифікації горілки через її невідповідність вказаній на етикетці марки наведена на рис.4. На рисунку показано реактивні компоненти різних марок горілок (криві М1, М2 та М3).

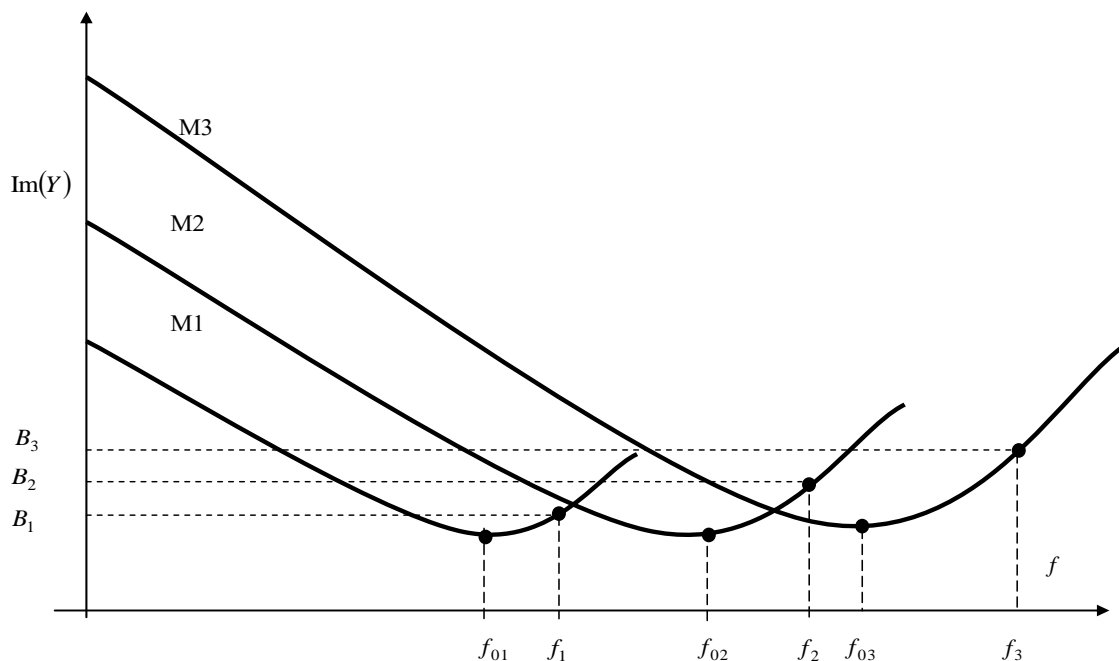


Рис.4. Ілюстрація способу виявлення фальсифікації горілки через її невідповідність вказаній на етикетці марки

Зазначеним маркам горілки відповідають частоти f_{01}, f_{02}, f_{03} , на яких реактивні компоненти мають екстремальні значення. Знаходять такі частоти за результатами експериментальних досліджень кожної марки оригінальної горілки через вимірювання її реактивної компоненти в частотному діапазоні (3-30) кГц (рис.2). Тим самим формують електричні стандартні зразки кожної марки горілки з фіксованими значеннями екстремальних частот f_{01}, f_{02}, f_{03} . Таким способом можна ідентифікувати марку горілки. Але при цьому необхідно вимірювати реактивну компоненту на багатьох фіксованих частотах заданого діапазону. Це не забезпечує оперативності виявлення фальсифікації продукту. Кращим для цього є спосіб, за яким вимірюються реактивні компоненти лише на двох частотах для кожної марки горілки. Для виявлення фальсифікації горілки через невідповідність вказаних на етикетці марці необхідно виміряти реактивні компоненти на частоті f_{01} та f_1 для марки М1, f_{02} та f_2 для марки М2, f_{03} та f_3 для марки М3 (рис.4) і т.д. Отримані значення для кожної марки B_{f1}, B_{f2}, B_{f3} порівняти з вимірними значеннями компонент $B'_{f1}, B'_{f2}, B'_{f3}$ на відповідних частотах екстремуму f_{01}, f_{02}, f_{03} базових зразків відповідних марок.

Якщо $B_{01} < B_{f1}$, то горілка відповідає вказаній на етикетці марці, марки М1. У разі невиконання такої умови, горілка замінена горілкою іншої марк. $B'_1 < B_{f1}$

За умови $B_{01} < B_1$, $B_{02} < B_2$, $B_{03} < B_3$ горілки відповідають вказаних на етикетках марках. За інших умов, а саме за умови $B_{01} > B_1$, $B_{02} > B_2$, $B_{03} > B_3$ горілки фальсифіковані підміною марки.

7.Висновки

1.Для виявлення фальсифікації горілки водно-спиртовим розчином необхідно вибрати дві частоти заданого діапазону частот, у якому є пряма та обернена залежність реактивної компоненти від частоти. На вибраних частотах необхідно порівняти компоненти за абсолютними значеннями.

2. Для виявлення фальсифікації горілки через її невідповідність вказаної на етикетці марки необхідно порівнювати реактивні компоненти на частоті екстремального значення та частоті, яка є вищою від неї.

3.Запропоновані способи виявлення фальсифікованої горілки забезпечують оперативність контролю. Для цього можуть бути використані різного типу серійні багато частотні вимірювачі параметрів адмітансу. Також такі способи можуть бути реалізовані спеціалізованими портативними засобами за спрощеними схемо - технічними та конструктивними рішеннями.

Список літератури

1. Bauchot, A. D., Harker, F. R., and Arnold, W. M.: The use of electrical impedance spectroscopy to assess the physiological condition of kiwifruit, *Postharvest Biol. Tec.*, 18, 9–18, 2000.
2. Chowdhury, A., Kanti Bera, T., Ghoshal, D., and Chakraborty, B.: Electrical impedance variations in banana ripening: an analytical study with electrical impedance spectroscopy, *J. Food Process. Eng.*, 40, e12387, <https://doi.org/10.1111/jfpe.12387>, 2017a.
3. Haverkort, E. B., Reijven, P. L. M., Binnekade, J. M., de van der Schueren, M. A. E., Earthman, C. P., Gouma, D. J., and de Haan, R. J.: Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in surgical and oncological patients: a systematic review, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 69, 3–13, 2015.
4. Т. Bubela, P. Malachivsky, E. Pokhodylo, М. Мукуйчук, О. Vorobets, “Mathematical Modeling of Soil Acidity by Conductivity Parameters”. *Eastern Europ. J. of Entrepreneurial Techn.*, no.6/10 (84), pp.4-9, 2016. Application of the impedance method for determination of monosodium
5. Патент України №19620 МПК G01 N 33/14, G01 N R27/00, опубл.15.12.2006, Бюл.№12
6. Pokhodylo Y. P., Stolyarchuk P.H.: *Immitance quality control: monograph*, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, 2012
7. Ye. Pokhodylo, V.Yuzva . Measurement of electro physical parameter of alcoholic solutions / *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології : збірник наукових праць. – 2015. – № 826. – С. 196–200
8. Походило Є.В., Юзва В.З., Вікович О.В. Ідентифікація спиртових розчинів за параметрами імітансу / *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України: збірник наук.-техн. праць / гол. ред. Ю.Ю. Туниця. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.7. – С. 263–266. – (Copernicus).*
9. Походило Є., Флюнт Н. Ідентифікація свіжого та розмороженого м'яса методом імпедансної спектроскопії. *Вимірювальна техніка та метрологія*, № 80 (3), 2019р., с.15-20.
10. Yu.Slyva, Ye.Pokhodylo. Application of the impedance method for determination of monosodium glutamate in food products/ *Food science and technology*. 2020. Vol 14, Issue 2. P.58-68.DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i2.1720>