

УДК 532.538;621.38

DOI 10.31471/1993-9981-2022-1(48)-59-65

ЗАСОБИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФАЛЬСИФІКОВАНОЇ ГОРІЛКИ ЗА РЕАКТИВНОЮ КОМПОНЕНТОЮ АДМІТАНСУ

Є. В. Походило, Ю. А. Стасишин

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, вул. С. Бандери, 12, 79013,
Емейл: yevhen.v.pokhodylo@lpnu.ua, yurii.a.stasyshyn@lpnu.ua*

Проаналізовано способи контролю параметрів спиртових розчинів, зокрема способи ідентифікації фальсифікованої горілки за зміною реактивної компоненти в частотному діапазоні тестового синусоїдного сигналу. Акцентовано увагу на двох видах фальсифікації. Перший вид стосується фальсифікації через заміну горілки водно-спиртовим розчином. Другий – підміною горілки однієї марки іншою. На основі аналізу результатів експериментальних досліджень запропоновано два способи ідентифікації такої фальсифікації.

Для першого виду фальсифікації продукції перевірка відбувається шляхом вимірювання реактивної компоненти адмітансу контрольованого об'єкта на двох фіксованих частотах; для другого підмінена марка горілки визначається вимірюванням частоти, на якій реактивна компонента адмітансу приймає екстремальне значення. Для обох способів ідентифікації запропоновані та подані у рисунках структури засобів з допомогою яких може відбуватися практична реалізація цих способів. У засобах ідентифікації використано перетворювач адмітансу контрольованого об'єкта на комплексну напругу, інформативним параметром якої є її реактивна компонента.

Для реалізації ідентифікації фальсифікованої горілки заміною марки структурна схема засобу містить генератор заданого частотного діапазону. У цьому діапазоні фіксують частоту, на якій реактивна компонента має екстремальне значення. За отриманою частотою визначається та чи інша марки горілки. Структурна схема засобу реалізації способу фальсифікації горілки водно-спиртовим розчином містить генератор двох частот. На цих частотах вимірюються реактивні компоненти, опрацьовуються, після чого фіксується результат ідентифікації.

Наведені рисунки, які демонструють запропоновані способи виявлення фальсифікованої продукції, а також схеми засобів вимірювання для проведення експериментів цими способами.

Подані висновки про виконану роботу: проаналізовані способи виявлення фальсифікацій горілкової продукції; запропоновані схеми засобів для практичного використання в перевірках, які складаються з простих широко поширених електричних складових, попри що вони дають точні результати вимірювань у виявленні фальсифікованих продуктів.

Ключові слова: горілка; адмітанс; реактивна компонента; частота; генератор; ідентифікація; векторний перетворювач.

Methods of control of parameters of alcohol solutions, in particular methods of identification of falsified vodka by change of reactive component in the frequency range of the test sinusoidal signal are analyzed. Emphasis is placed on two types of falsification. The first type concerns falsification by replacing vodka with an aqueous-alcoholic solution. The second - the replacement of vodka from one brand to another. Based on the analysis of the results of experimental studies, two ways to identify such falsification have been proposed.

For the first type of product falsification, the inspection is performed by measuring the reactive component of the controlled object's admittance at two fixed frequencies; for the second, the substituted brand of vodka is determined by measuring the frequency at which the reactive component of the admixture takes an extreme value. For both methods of identification, the structures of the means by which these methods can be practically implemented are proposed and presented in the figures. The means of identification used the admittance converter of the controlled object to a complex voltage, the informative parameter of which is its reactive component.

To implement the identification of counterfeit vodka by substituting the brand, the block diagram of the tool contains a generator of a given frequency range. In this range, the frequency at which the reactive component is of extreme value is recorded. The obtained frequency determines one or another brand of vodka. The block diagram of the means for implementing the method of falsification of vodka with water-alcohol solution contains a generator of two frequencies. Reactive components are measured at these frequencies, processed, and then the identification result is recorded.

The figures show the proposed methods for detecting counterfeit products, as well as schemes of measuring instruments for conducting experiments with these methods.

Conclusions on the work performed are presented: methods of detecting falsifications of vodka products are analyzed; proposed schemes of tools for practical use in inspections, which consist of simple common electrical components, although they give accurate measurement results in the detection of counterfeit products.

Key words: vodka; admittance; reactive component; frequency; generator; identification; vector converter.

Вступ.

На сьогоднішній день необхідність контролювання якості будь-якої продукції загальновідома. Особливо актуальним є оцінювання рівня якості харчової продукції, зокрема міцних спиртних напоїв. Підроблення продукції під виробу популярних виробників, випущена продукція за межами виробничого контролю, підміна при перевезенні до споживача з місця виготовлення – це основні причини масової появи на ринку фальсифікованих горілчаних виробів. Заміна неякісними водно-спиртовими розчинами (спирт і дистильована вода) та невідповідність марки горілки (замість горілки однієї марки подається інша) є найбільш розповсюдженими типами фальсифікації. Саме тому оперативність контролю якості такої продукції, а саме ідентифікації фальсифікованої горілки, є актуальним.

Об'єкт дослідження – методи та засоби виявлення фальсифікованої горілчаної продукції.

Предмет дослідження – властивості реактивної компоненти адмітансу.

Мета роботи – створення способів виявлення факту фальсифікації горілки, а також спрощення вимірювальної процедури реалізації способів.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: проаналізувати способи ідентифікації фальсифікованої продукції, дослідити поведінку реактивної компоненти адмітансу при певних умовах дослідження в частотному діапазоні, запропонувати структурні схеми засобів вимірювання для практичної реалізації мети.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – запропоновано способи ідентифікації фальсифікованої горілки за реактивною компонентою її адмітансу

Практична значущість результатів дослідження – запропоновані структурні схеми

можуть бути основою побудови портативних засобів ідентифікації горілчаних виробів

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Відомий спосіб визначення марок горілчано-коньячних напоїв [1], за яким прикладають до проби досліджуваного напою змінний електричний струм та вимірюють залежність відношення реактивної та активної компонент електропровідності напої від частоти змінного струму і визначають частоти мінімуму та максимуму частотної залежності в цих екстремумах такого відношення. При цьому використовують змінний струм в області частот від 0,1 Гц до 200кГц, а також визначають відношення на частотах 2кГц та 200кГц, а потім через порівняння цих параметрів з еталонними значеннями визначають марку напою. Вимірювання великої кількості параметрів, що ускладнює технічний пристрій для відтворення і широкий діапазон частот, у яких здійснюється вимірювання, є недоліками цього способу. Також у способі не ставиться питання виявлення фальсифікованого продукту. Відомі інші способи, за якими ідентифікуються аналогічні об'єкти [2-5]. Для цього через об'єкт контролю пропускають струм різної частоти та вимірюють компоненти імпедансу [3] чи адмітансу [4]. Відомий спосіб [5], за яким для ідентифікації горілки запропоновано аналізувати форму кривої, якою подається реактивна компонента адмітансу в діапазоні частот. Базується такий спосіб на основі результатів експериментальних досліджень водно-спиртових розчинів та горілок різних марок [6].

Аналіз результатів дослідження

Аналіз результатів експериментальних досліджень [6] показав наступне. Якщо значення реактивної компоненти адмітансу на двох частотах в діапазоні (100-300) Гц прямо пропорційне частоті, то напій фальсифікований і є водно-спиртовим розчином (спирт і дистильована вода). В іншому разі знаходять в діапазоні (3-30) кГц частоту, на якій реактивна

складова адмітансу має екстремальне значення, і якщо ця частота не відповідає аналогічній частоті базового зразка горілки певної марки, що відповідає нормованим показникам якості, то напій фальсифікований через його невідповідність вказаній марці.

Реактивна компонента горілок відрізняється тим, що до неї входять лінійні частини (на початку діапазону та в кінці) та явно виражене екстремальне значення на певній частоті, яке є різним для кожної марка горілки. Такі ж екстремальні значення властиві і для спиртових розчинів, але їх частота є набагато нижча від

частоти для горілок. Нижче наводяться ілюстрації способів ідентифікації фальсифікованої горілки з урахуванням результатів експериментальних досліджень, а саме залежності реактивних компонент від частоти.

Ідентифікації фальсифікованої горілки заміною водно-спиртовим розчином

Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки водно-спиртовим розчином з різним вмістом води в ньому наведена на рис. 1 [7].

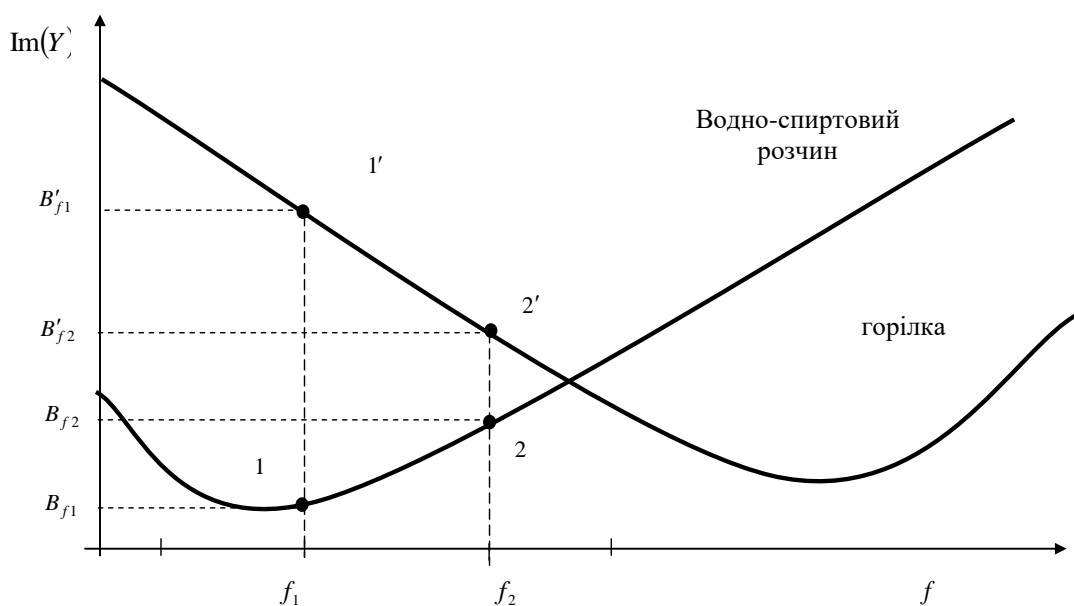


Рисунок 1 – Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки водно-спиртовим розчином.

Як видно з рис.1 криві суттєво відрізняються частотою, на якій реактивна компонента має екстремальне значення, а саме: для водно-спиртового розчину та горілки частоти знаходяться в різних частотних діапазонах. Відповідно до цього, в частотному діапазоні легко можна вибрати частоти, на яких значення однієї кривої спадає, а другої зростає. Саме це є основною ознакою виявлення піддробленої горілки при заміні її розбавленим спиртом.

Для визначення такого водно-спиртового розчину (фальсифікована горілка) є достатнім вимірювання реактивної компоненти $\text{Im}(Y)$ адмітансу контрольованого об'єкта на двох частотах f_1 та f_2 , які є фіксованими (рис.1).

При цьому необхідно зазначити, що у разі використання первинного перетворювача з іншими геометричними розмірами, а також іншого конструктивного виконання фіксовані частоти можуть бути іншими. Тобто для формування електричного базового зразка необхідно отримати адмітансограми за реактивною компонентою для іншого первинного перетворювача [7].

Якщо отримане значення компоненти на частоті f_2 є більшим, ніж на f_1 ($B_{f_1} < B_{f_2}$), то горілка фальсифікована і є водно-спиртовим розчином (розбавлений водою спирт). Якщо навпаки - отримане значення компоненти на частоті f_2 є меншим, ніж на частоті f_1

($B'_{f_1} > B'_{f_2}$), то контрольований об'єкт є оригінальною горілкою.

На рис.2 наведено структурну схему засобу ідентифікації фальсифікованої горілки для реалізації такого способу.

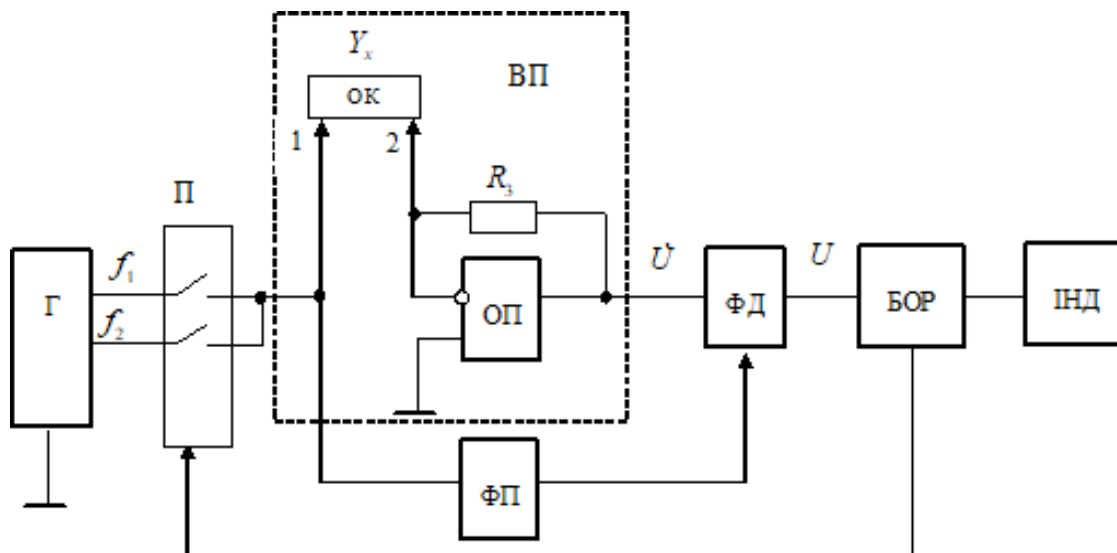


Рис. 2. Структурна схема засобу для виявлення фальсифікації горілки водно-спиртовим розчином

Схема вимірювального засобу (рис. 2), який реалізує запропонований спосіб, містить генератор Γ синусоїдального сигналу сталої амплітуди U_m та фіксованих частот f_1 та f_2 , перемикач Π , векторний перетворювач ВП на операційному підсилювачі ОП , елементами від'ємного зв'язку якого є адмітанс Y_x об'єкта контролю з електродами 1, 2 та опір R , а також фазовертач ФП керуючого сигналу фазочутливого детектора ФД , блок опрацювання результатів вимірювання БОР та індикатор ІНД .

Векторним перетворювачем ВП здійснюється перетворення адмітансу Y_x емнісного характеру об'єкта контролю на комплексну напругу \dot{U}_x на двох частотах. Таке перетворення здійснюється спочатку на частоті f_1 , а потім на частоті f_2 . Керує перемикачем Π для зміни частоти БОР .

У такому разі на виході ВП для зазначених частот тестового сигналу та з урахуванням параметрів сенсора маємо комплексну напругу з активною G_x та реактивною B_x компонентами

$$\dot{U}_1 = U_m R_0 (G_{x1} + jB_{x1}) = U_m R_0 (G_{x1} + j\omega_1 C_{x1}) \quad (1)$$

$$\dot{U}_2 = U_m R_0 (G_{x2} + jB_{x2}) = U_m R_0 (G_{x2} + j\omega_2 C_{x2}) \quad (2)$$

де активні G_{x1} , G_{x2} та $B_1 = \omega_1 C_{x1}$ та $B_2 = \omega_2 C_{x2}$ реактивні компоненти адмітансу контрольованого об'єктів на частотах $\omega_1 = 2\pi f_1$ та $\omega_2 = 2\pi f_2$.

З комплексних напруг (1), (2) фазочутливим детектором ФД , керованим зміщеним на кут $\frac{\pi}{2}$ сигналом генератора фазовертачем ФП виділяються відповідні реактивні компоненти у вигляді напруг постійного струму

$$U_1 = \text{Im}(\dot{U}_1) = U_m k_1 R B_1, \quad (3)$$

$$U_2 = \text{Im}(\dot{U}_2) = U_m k_2 R B_2, \quad (4)$$

де k_1 , k_2 - коефіцієнти перетворення фазочутливого детектора на зазначених частотах, відповідно.

Отримані значення напруг постійного струму, що відповідають відповідним компонентам адмітансу об'єкта контролю на

зазначеним частотам подаються на БОР, опрацьовуються за зазначеним вище алгоритмом і видаються на індикаторний пристрій.

Ідентифікації фальсифікованої горілки підміною марки

Для виявлення фальсифікації горілки підміною марки необхідно визначити частоту, на якій реактивна компонента адмітансу приймає екстремальне значення. Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки підміною марки наведена на рис.3.

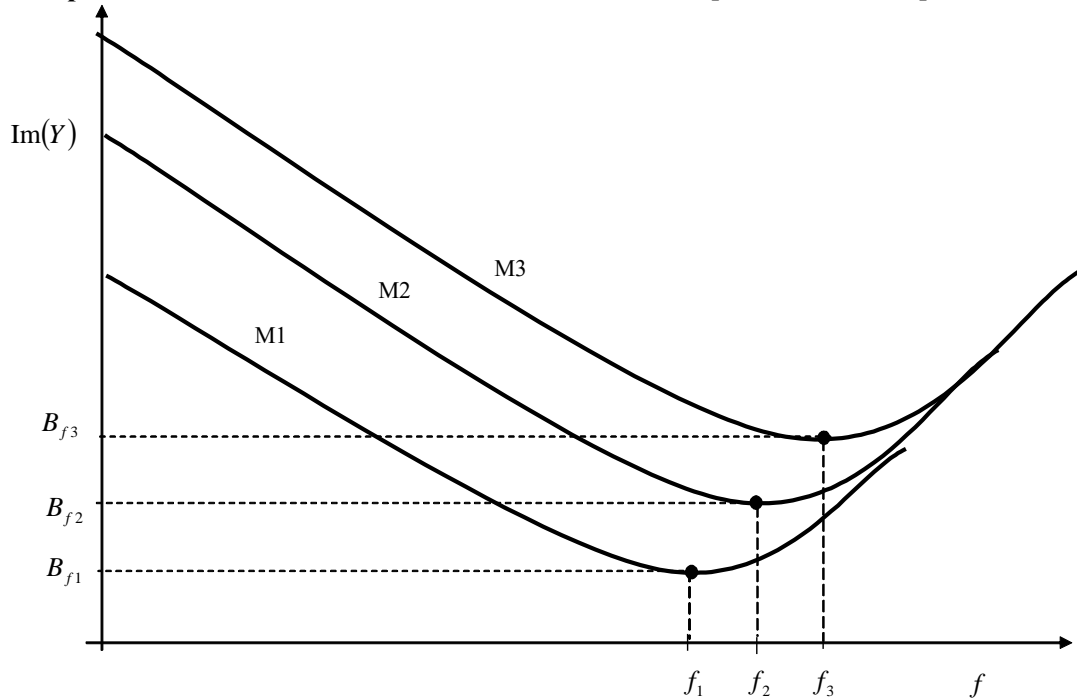


Рисунок 3 – Ілюстрація способу виявлення фальсифікованої горілки підміною марки

У даному разі ідентифікаційною ознакою є частота, на якій реактивна компонента приймає екстремальне значення, що відповідає відповідній марці горілки. На рис.3 показано, що горілці марки M1, M2, M3 відповідають частоти f_1, f_2, f_3 , на яких маємо відповідно значення компонент B_{f1}, B_{f2}, B_{f3} .

Визначену частоту контрольованого об'єкту необхідно порівняти з відповідною частотою базового зразка (горілка певної марки, що відповідає нормованим показникам якості). Якщо ж співпадіння немає, то горілка не відповідає вказаній марці. Тобто, якщо в результаті вимірювання реактивної компоненти адмітансу горілки поданої за маркою M1 в частотному діапазоні отримано екстремальне значення, яке не відповідає частоті f_1 , а будь-якій іншій частоті, то подана горілка не відповідає вказаній марці.

Структура засобу, який може реалізувати запропонований спосіб вимірювання зображена на рис.4.

Вимірювач містить джерело тестового сигналу ДТС фіксованого рівня U_T та частотою з діапазоном $\omega_1 \dots \omega_n$, векторний перетворювач ВП на операційному підсилювачі ОП, елементами від'ємного зв'язку якого є контрольований Y_x та зразковий R_0 елементи, фазочутливий детектор ФД, фазоповертач ФП, екстремум-детектор ЕД, пристрій керування ПК та індикатор ІНД.

Пристрій керування задає діапазон зміни частоти тестового сигналу ДТС та почергову зміну значення частоти в ньому.

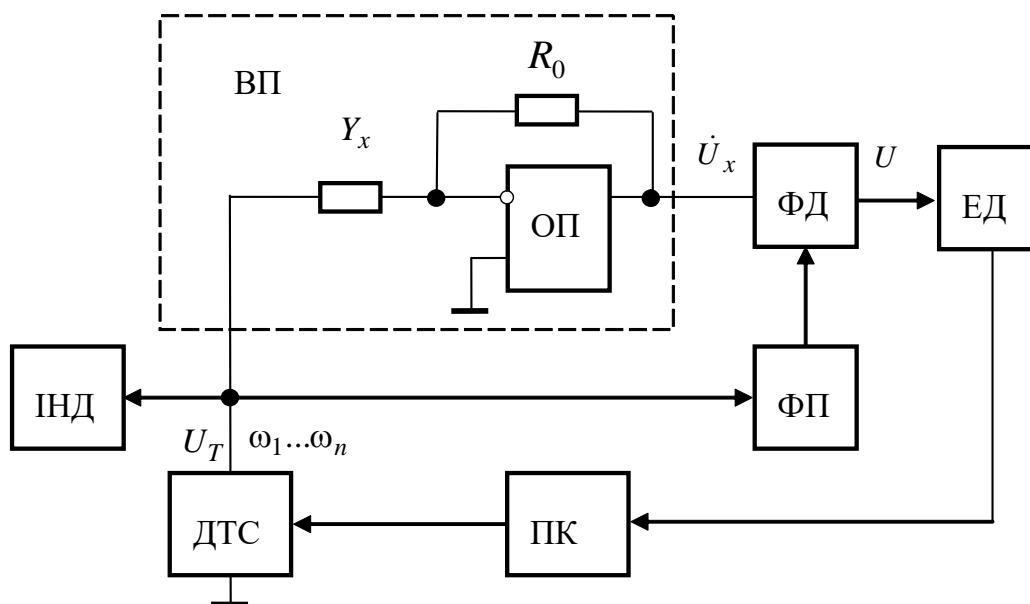


Рисунок 4 – Структурна схема пристрою для виявлення фальсифікації горілки підміною марки

Під дією тестового сигналу ДТС фіксованої частоти заданою ПК, векторним перетворювачем здійснюється перетворення адмітансу Y_x контрольованого об'єкта на комплексну напругу \dot{U}_x , а саме:

$$\dot{U}_x = U_T R_0 Y_x = U_T R_0 G_x + j U_T R_0 B_x, \quad (5)$$

де B_x та G_x - реактивна та активна складові адмітансу контрольованого об'єкта.

З допомогою фазочутливого детектора, на керуючий вхід якого подається сформована ФП напруга, виділяється з вихідної напруги \dot{U}_x (5) ВП складова напруги U , пропорційна реактивній компоненті адмітансу Y_x контрольованого об'єкта.

У такому разі на виході фазочутливого детектора отримуємо

$$U = \text{Im}(\dot{U}_x) = k U_T R_0 B_x, \quad (6)$$

де k – коефіцієнт перетворення векторної величини в скалярну.

Як зазначено вище, реактивна компонента змінюється із зміною частоти, а тому і вихідна напруга ФД (6) буде також змінюватися відповідно. Екстремальне значення такої залежності фіксує ЕД, який через ПК зупиняє зміну частоти ДТС. Значення частоти, що відповідає екстремальному значенню фіксується

ИНД, а заодно за відповідною частотою екстремального значення визначається марка горілки.

Обговорення результатів дослідження

Переважно ознаками ідентифікації горілчаних виробів є діелектрична проникність, питома провідність, а також абсолютні значення реактивної та активної компонент [3,4], які, відповідно, від них залежать. Відомо, що на зміну таких параметрів впливають кліматичні та інші фактори. Отримані в роботі результати відрізняються від відомих у літературі [1-4] тим, що як ідентифікаційну ознаку контролю якості горілчаних виробів пропонується використати форму кривої. Крива описує залежність реактивної компоненти адмітансу контрольованого об'єкта в широкому частотному діапазоні. Крива має характерні ознаки в певному частотному діапазоні відповідно до виду фальсифікації об'єкта. В одному випадку - це екстремальні значення реактивних компонент на частотах різних частотних діапазонів (водно-спиртовий розчин та оригінальна горілка). В іншому – екстремальні значення реактивних компонент на різних частотах одного діапазону (різні марки оригінальної горілки). Використання форми кривої, як базового зразка, зменшує вплив різних факторів на результат ідентифікації.

ВИСНОВКИ

1) Проаналізовано способи виявлення фальсифікації спиртової продукції за електричними параметрами, зокрема за реактивною компонентою адмітансу.

2) Запропоновано структурні схеми засобів ідентифікації фальсифікованої горілки заміною водно-спиртовим розчином та підміною марки.

2) Запропоновані схеми засобів можуть бути реалізовані простими технічними засобами, доступними широкому колу споживачів і забезпечити оперативність виявлення фальсифікації горілчаних виробів.

Список використаних джерел

1. Патент України №19620 МПК G01 N 33/14, G01 N R27/00, опубл.15.12.2006, Бюл.№12.

2. Патент України №93243, М Спосіб експресного визначення вмісту етилового спирту в водно-спиртовому розчині, ПК G01N27/48, G01N27/02. опубл. 25.09.2014, Бюл. №18.

3. Кукла А.Л. Імпедансний аналізатор для ідентифікації марок водно-спиртових напій / Кукла А.Л., Павлюченко А.С., Майстренко А.С., Мамікін А.В. // Технологія і конструювання в електронній промисловості, Київ, 2012, №1, С.15-21.

4. Міхалева М. Дослідження спиртових розчинів імітансним методом / М. Міхалева // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – №3. – С. 50-54.

5. Патент України №1336160, Спосіб виявлення фальсифікації горілки, МПК:G01N 33/14. Опубл.12.08.2019.

6. 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).

7. Походило Є.В., Куць В.Р., Стасишин Ю. А. Виявлення фальсифікації горілки методом імпедансної спектроскопії // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 81, № 4. – С. 33–36.

References

1. Patent Ukrayiny №19620 MPK G01 N 33/14, G01 N R27/00, opubl.15.12.2006, Byul.№12.

2. Patent Ukrayiny №93243, M Sposib ekspresnoho vyznachennya vmistu etylovoho spyrtu v vodno-spyrtovomu rozchyni, PK G01N27/48, G01N27/02. opubl. 25.09.2014, Byul. №18.

3. Kukla A.L. Impedansnyy analizator dlya identyfikatsiyi marok vodno-spyrtovykh napytkiv / Kukla A.L., Pavlyuchenko A.S., Maystrenko A.S., Mamykin A.V. // Tekhnolohiya i konstruyuvannya v elektronniy promyslovosti, Kyiv, 2012, №1, S.15-21.

4. Mikhalyeva M. Doslidzhennya spyrtovykh rozchyniv imitansnym metodom / M. Mikhalyeva // Standartyzatsiya, sertyfikatsiya, yakist'. – 2010. – №3. – S. 50-54.

5. Patent Ukrayiny №1336160, Sposib vyyavlennya fal'syifikatsiyi horilky, MPK:G01N 33/14. Opubl.12.08.2019.

6. Pokhodylo YE.V., Yuzva V.Z., Vikovykh O.V. Identyfikatsiya spyrtovykh rozchyniv za parametramy imitansu // Naukovyy visnyk natsional'noho lisotekhnichnoho universytetu Ukrayiny: zbirnyk nauk.-tekhn. prats' / hol. red. YU.YU. Tunytsya. – L'viv: RVV NLTU Ukrayiny. – 2016. – Vyp. 26.7. – S. 263–266. – (Copernicus).

7. Pokhodylo YE.V., Kuts' V.R., Stasyshyn YU. A. Vyyavlennya fal'syifikatsiyi horilky metodom impedansnoyi spektroskopiyi // Vymiryuval'na tekhnika ta metrolohiya: mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. – 2021. – Vyp. 81, № 4. – S. 33–36.