



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **89539** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**G01R 27/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

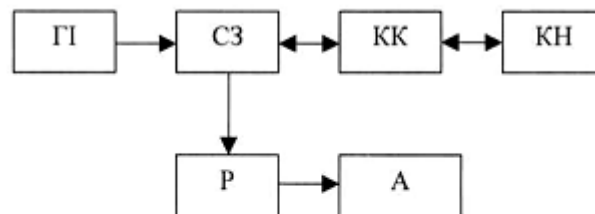
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 13383</b>	(72) Винахідник(и): <b>Кашкар'ов Антон Олександрович (UA), Федюшко Юрій Михайлович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>18.11.2013</b>	(73) Власник(и): <b>ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2014, Бюл.№ 8</b>	

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАТЕРІАЛІВ ТА БІОЛОГІЧНИХ РЕЧОВИН

### (57) Реферат:

Спосіб визначення діелектричних параметрів матеріалів та біологічних речовин, що полягає у пропусканні через зразок сигналу збудження заданих параметрів за допомогою хвильової направляючої системи, його подальшого зчитування приймачем та подальшим визначенням діелектричних параметрів, причому як сигнал використовується прямокутний імпульс, порівняний з відбитим сигналом, а оцінка діелектричних параметрів виконується шляхом аналізу матриць розсіювання та хвильового опору симетричного чотириполюсника.



Фіг. 1

UA 89539 U



Корисна модель належить до вимірюваних засобів і може бути використана у наукових дослідженнях у галузях виробництва та переробки продукції сільського господарства.

Найбільш близьким, за технічною суттю, до заявленої моделі, є пристрої імпульсної рефлектометрії, принцип дії яких полягає у тому, що матеріали біологічних об'єктів (речовин) розміщують у спеціальній хвильовій направляючій системі, через яку пропускаються періодичні імпульси пікосекундної тривалості, які відбиваються та проходять через нього і надходять на пристрій зчитування, де за функцією вхідного та вихідного сигналів у часовій та частотній областях, з метою отримання даних про електрофізичні властивості об'єктів (речовин), виконується операція згортання [Федюшко Ю.М. Аналіз сучасних методів обробки візуальної інформації /Ю.М. Федюшко, В.О. Мунтян, О.С. Лисенко //Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження. - Львів: Нац. аграрн. ун-т., 2008. - Т.2, № 12. - С. 660-663].

Недоліком прототипу є складність створення прецезиційних надвисокочастотних хвильоводів формування та розповсюдження електромагнітних імпульсів, а також висока собівартість вимірювань.

В основу корисної моделі поставлено задачу визначення діелектричних параметрів матеріалів та біологічних речовин шляхом спрощення конструкції хвильоводів та автоматизації вимірювання, забезпечивши зниження собівартості реалізації способу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення діелектричних параметрів матеріалів та біологічних речовин, що полягає у пропусканні через зразок сигналу збудження заданих параметрів за допомогою хвильової направляючої системи, його подальшого зчитування приймачем та подальшим визначенням діелектричних параметрів, згідно з корисною моделлю, як сигнал використовується прямокутний імпульс, порівняний з відбитим сигналом, а оцінка діелектричних параметрів виконується шляхом аналізу матриць розсіювання та хвильового опору симетричного чотириполюсника.

Таким чином, запропонований спосіб спрощує конструкцію хвильоводів та забезпечує можливість автоматизації визначення діелектричних параметрів матеріалів та біологічних речовин, що пов'язано із зниженням вимог до точності геометричних розмірів хвильоводів у різних режимах.

Технічна суть і принцип дії запропонованого способу пояснюється графічним матеріалом, де на

фіг. 1 зображена структурна схема рефлектометра;

фіг. 2 - визначення діелектричної та магнітної проникності матеріалів та біологічних речовин.

Структурно рефлектометр складається з наступних блоків: генератор імпульсів (ГІ), який направлено на дослідний об'єкт; стробоскопічний змішувач (СЗ); коаксіальний контейнер (КК) з об'єктом, який досліджується та якому виникає відбитий сигнал; короткозамкнене навантаження (КН); реєстратор (Р), наприклад осцилограф; та аналізатор (А), в якості якого можуть бути мікропроцесорні вимірювальні комплекси, персональний комп'ютер та інше.

КК (фіг. 2, а) складається з коаксіальної хвильової направляючої системи 1, в який вставлено дослідний зразок 2 довжиною  $l$  із шуканими параметрами діелектричної та магнітної проникностями, який відповідно до будови КК, має порожнину 3.

Запропонований спосіб реалізується таким чином.

Сигнал генератора імпульсів (ГІ), через СЗ, поступає на КК з досліджуванним об'єктом, в якому виникає відбитий сигнал, котрий подається на КН, та після відбиття від нього, знов проходить через КН. Отримані сигнали подаються СЗ, Р та А. Запропонований поділ сигналів у часі дозволяє спостерігати на одному індикаторі сигнали, які пройшли через дослідний об'єкт однократно та двократно. Отримані сигнали аналізуються за певним алгоритмом.

На фіг. 2 (а, б) показані схеми взаємодії генерованого та відбитого сигналу на рефлектометрі. Вимірювання виконуються у дослідах холостого ходу та короткого замикання при відключеному та підключеному блоці КН.

При виконанні вимірювань назустріч генерованому сигналу з одиничною амплітудою направлено зворотний сигнал, рівний за амплітудою, але протилежний за напрямом (фіг. 2, г).

У результаті теоретичних та практичних досліджень, які дозволяють зробити припущення, що ділянка коаксіального контейнера з хвильовим опором  $Z_0$  представляється як чотириполюсник, який визначається із співвідношення:

$$Z = Z_0 \sqrt{\mu(j\omega) / \varepsilon(j\omega)},$$

де  $Z_0$  - хвильовий опір порожнього контейнера;

$\varepsilon(j\omega)$  і  $\mu(j\omega)$  - комплексні діелектрична та магнітна проникності.

У свою чергу, постійна розповсюдження середовища дорівнює:

$$\gamma = \gamma_0 \sqrt{\varepsilon(j\omega)\mu(j\omega)} = \frac{j\omega\ell}{c} \sqrt{\varepsilon(j\omega)\mu(j\omega)},$$

де  $\gamma_0$  - постійна розповсюдження хвилеводу;

$\ell$  - довжина об'єкта, який досліджується;

$c$  - швидкість світла;

5  $\omega$  - частота.

Характеристичні параметри досліджуваного чотириполюсника пов'язані з хвильовим опором  $Z_{вч}$  та характеристичним коефіцієнтом передачі  $\gamma_ч$  співвідношенням:

$$Z_{вч} = Z,$$

$$\gamma_ч = \gamma.$$

10 Для визначення характеристичних параметрів чотириполюсника використовується опором холостого ходу  $Z_{xx}$  та короткого замикання  $Z_{кз}$ :

$$Z_{вч} = \sqrt{Z_{xx} \cdot Z_{кз}};$$

$$\text{th}\gamma_ч = \sqrt{Z_{кз} / Z_{xx}}.$$

Опір короткого замикання та холостого ходу визначається через елементи матриці розсіювання  $S_{11}(j\omega)$  та  $S_{21}(j\omega)$  (фіг. 2, б, в).

15 Зворотну хвилю, яка пройшла через дослідний зразок, створює на лівій ділянці лінії хвилю з амплітудою  $S_{11}(j\omega)$  та  $S_{21}(j\omega)$  відповідно. У центральному перерізі зразка початкова одинична хвиля та протилежна їй створюють однакові за амплітудою та протилежні за напрямом струми.

Таким чином, струм у центральному перерізі (фіг. 2, б) дорівнює нулю, що відповідає холостому ходу. Коефіцієнт відбиття при цьому можна визначити так:

$$20 S_{xx}(j\omega) = S_{11}(j\omega) + S_{21}(j\omega).$$

Для визначення коефіцієнта відбиття при короткому замиканні у центральному перерізі дослідного зразка назустріч вхідної хвилі одиничної амплітуди направляється хвиля амплітудою - 1 (фіг. 2, в)). Ця хвиля створює у центральному перерізі напругу, яка дорівнює амплітуді, але протилежна по знаку початковій вхідній хвилі. Загальна напруга при цьому дорівнює нулю, що відповідає короткому замиканню у центральному перерізі зразка. Коефіцієнт відбиття при короткому замиканні у центрі зразка дорівнює:

$$S_{кз}(j\omega) = S_{11}(j\omega) - S_{21}(j\omega).$$

Тоді, враховуючи зв'язок між коефіцієнтом відбиття та вхідним опором лінії, отримаємо:

$$Z_{xx} = Z \frac{1 + S_{xx}(j\omega)}{1 - S_{xx}(j\omega)}, \quad Z_{кз} = Z \frac{1 + S_{кз}(j\omega)}{1 - S_{кз}(j\omega)}.$$

30 Виходячи з отриманих відношень, отримаємо рівняння для визначення діелектричної та магнітної проникності:

$$\sqrt{\frac{\varepsilon(j\omega)}{\mu(j\omega)}} = \frac{1}{Z_0} \sqrt{Z_{xx} Z_{кз}};$$

$$\text{th} \frac{j\omega\ell}{2c} \sqrt{\varepsilon(j\omega)\mu(j\omega)} = \sqrt{Z_{xx} / Z_{кз}}.$$

На практиці більшість біологічних об'єктів мають виключно діелектричні властивості, тому можна вважати  $\mu(j\omega) = 1$ , що суттєво спрощує розрахунки.

35 Використовуючи зв'язок між гіперболічним тангенсом та, більш розповсюдженої, експоненціальної функції, отримаємо остаточний вираз для визначення шуканих величин:

$$\varepsilon(j\omega) = \frac{cZ_0}{j\omega\ell \sqrt{Z_{xx} Z_{кз}}} \ln \frac{\sqrt{Z_{xx} + \sqrt{Z_{кз}}} + \sqrt{Z_{кз}}}{\sqrt{Z_{xx} - \sqrt{Z_{кз}}} - \sqrt{Z_{кз}}},$$

$$\mu(j\omega) = \frac{c\sqrt{Z_{xx} Z_{кз}}}{j\omega\ell Z_0} \ln \frac{\sqrt{Z_{xx} + \sqrt{Z_{кз}}} + \sqrt{Z_{кз}}}{\sqrt{Z_{xx} - \sqrt{Z_{кз}}} - \sqrt{Z_{кз}}},$$

де

$$Z_{xx} = Z \frac{1 + S_{11}(j\omega) + S_{21}(j\omega)}{1 - S_{11}(j\omega) - S_{21}(j\omega)},$$

$$Z_{кз} = Z \frac{1 + S_{11}(j\omega) - S_{21}(j\omega)}{1 - S_{11}(j\omega) + S_{21}(j\omega)}.$$

40 Комплексна діелектрична проникність пов'язана з провідністю  $\sigma(\omega)$  співвідношенням:

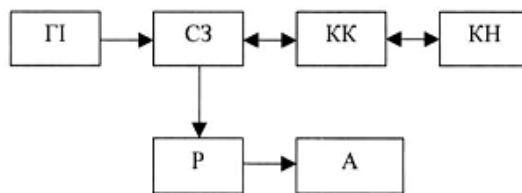
$$\varepsilon(j\omega) = \varepsilon'(\omega) - j\varepsilon''(\omega) = \varepsilon'(\omega) + \sigma(\omega) / j\omega.$$

Уявна частина комплексної проникності визначає провідність зразка  $\sigma(\omega) = \omega \varepsilon''(\omega)$ . Крім того, уявна частина комплексної магнітної проникності також відбиває втрати у дослідному зразку.

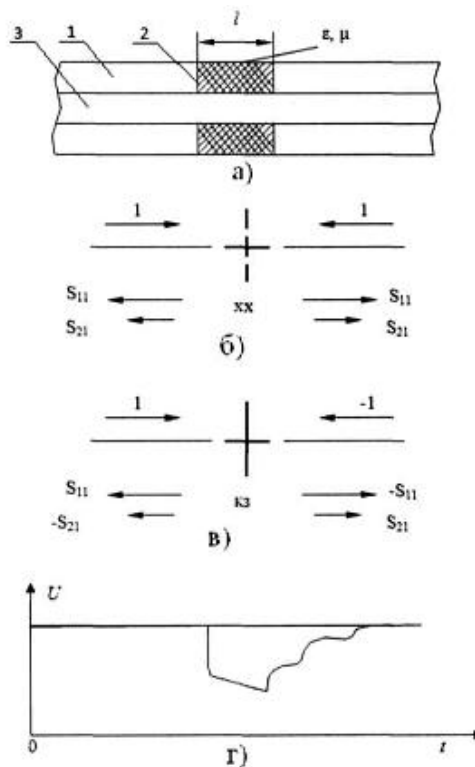
5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10 Спосіб визначення діелектричних параметрів матеріалів та біологічних речовин, що полягає у пропусканні через зразок сигналу збудження заданих параметрів за допомогою хвильової направляючої системи, його подальшого зчитування приймачем та подальшим визначенням діелектричних параметрів, який **відрізняється** тим, що як сигнал використовується прямокутний імпульс, порівняний з відбитим сигналом, а оцінка діелектричних параметрів виконується шляхом аналізу матриць розсіювання та хвильового опору симетричного чотирьохполюсника.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601