



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112917** (13) **C2**

(51) МПК (2016.01)

**G01B 7/00**

**G01B 7/287** (2006.01)

**G01N 27/22** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

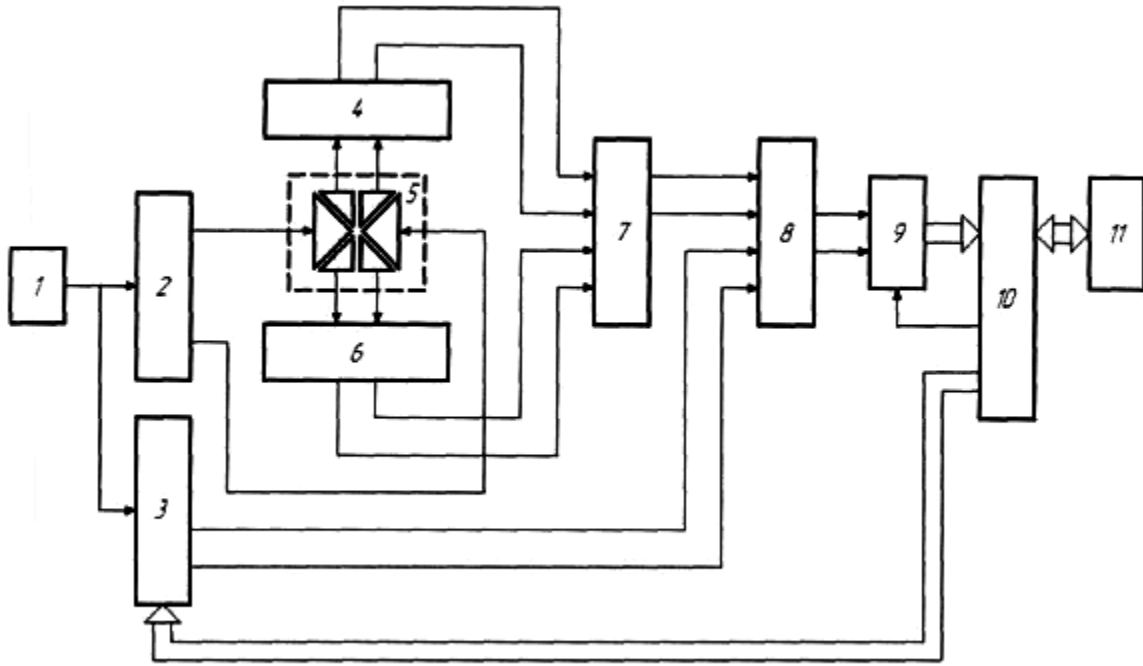
(21) Номер заявки:	<b>а 2015 02540</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Баженов Віктор Григорович (UA), Івіцька Дар'я Костянтинівна (UA), Овчарук Степан Анатолійович (UA), Грузін Сергій Валерійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>20.03.2015</b>	(73) Власник(и):	<b>Баженов Віктор Григорович, просп. Перемоги, 37-г, кв. 5, м. Київ, 03056 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.11.2016</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>UA 107893 C2, 25.02.2015 UA а201404947, 10.11.2014 UA 72010 U, 10.08.2012 RU 2319928 C2, 20.03.2008 US 4443764 A, 17.04.1984 JP 2004119365 A, 15.04.2004 WO 2006021985 A, 02.03.2006 JPS 61236410 A, 21.10.1986</b>
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>26.09.2016, Бюл.№ 18</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.11.2016, Бюл.№ 21</b>		

## (54) ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ОДНОКАНАЛЬНИЙ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИЙ СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

### (57) Реферат:

Електростатичний одноканальний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для контролю широкого спектра матеріалів та конструкцій, діелектриків та провідних матеріалів. Спосіб включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі опорного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, в якому вимірювальний сигнал визначають як різницю вихідних сигналів однієї та другої пари вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів з подальшим скануванням, обробкою та візуалізацією результатів на екрані, причому сканування об'єкта контролю відбувається по двох осях. При визначенні результатів вимірювання амплітуди в кожній точці контролю змінюють початкову фазу опорного сигналу до отримання максимуму сигналу, а при визначенні фазового зсуву сигналу змінюють початкову фазу опорного сигналу до отримання мінімуму сигналу, причому значення фазового зсуву вимірювального сигналу визначають через код зміни початкової фази опорного сигналу. Технічним результатом є підвищення інформативності та чутливості даного способу за рахунок отримання результату вимірювання у вигляді зміни фазового зсуву і, окремо, зміни амплітуди вимірювального сигналу.

UA 112917 C2



Винахід належить до області неруйнівного контролю і може бути використано для контролю широкого спектра матеріалів та конструкцій, діелектриків та провідних матеріалів, без використання контактної рідини. Відомий є "Електростатичний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю" (патент України на корисну модель № 93032 U від 10.09.2014), заснований на генерації електростатичного поля шляхом подачі опорного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрації індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, а також перемноженні ортогональних опорних та вимірювального сигналів.

Недоліком цього способу є складність в реалізації - потребує два канала вимірювання, необхідність в використанні двох аналого-цифрових перетворювачів.

Найближчим аналогом є електростатичний спосіб неруйнівного контролю (патент України № 107893 C2 від 25.02.2015), який включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі опорного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів з подальшим скануванням, обробкою та візуалізацією результатів на екрані. Сканування об'єкта контролю відбувається по двох осях.

Недоліками такого способу є недостатня інформативність (вірогідність) контролю, крім того, результат вимірювання залежить не тільки від фазового зсуву, але й від амплітуди вимірювального сигналу, а при великих кутах між опорним та вимірювальним сигналом різко знижується чутливість.

В основу винаходу поставлена задача підвищити інформативність електростатичного способу неруйнівного контролю, а також підвищити чутливість даного способу за рахунок отримання результату вимірювання у вигляді зміни фазового зсуву і, окремо, зміни амплітуди вимірювального сигналу.

Поставлена задача вирішується тим, що в електростатичному одноканальному амплітудно-фазовому способі неруйнівного контролю, який включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі вхідного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів, що визначають як різницю вихідних сигналів двох пар вимірювальних електродів з подальшим скануванням, обробкою та візуалізацією результатів на екрані, причому сканування об'єкта контролю відбувається по двох осях, новим є те, що опорний сигнал синхронізують зі вхідним, і в кожній точці контролю змінюють початкову фазу опорного або вхідного сигналу до отримання максимуму при визначенні результату вимірювання амплітуди постійної складової, отриманої в результаті перемноження вимірювального сигналу з опорним, а значення фазового зсуву визначають по коду зміни початкової фази опорного сигналу, при якому буде пік амплітуди постійної складової.

Спосіб може бути реалізований за допомогою пристрою, який показаний на кресленні.

Пристрій, що реалізує спосіб, містить генератор синхроімпульсів 1, який підключено до синхровходів генератора вхідних сигналів 2 і генератора опорних сигналів (синтезатора) 3. Виходи генератора вхідних сигналів підключено до пари збуджуючих електродів датчика 5, а виходи генератора опорних сигналів підключено до опорних входів синхронного детектора 8. Першу пару вимірювальних електродів датчика 5 підключено до підсилювача заряду 4, другу пару вимірювальних електродів датчика 5 підключено до підсилювача заряду 6, причому підсилювачі зарядів 4 та 6 підключено до диференційного підсилювача 7. Вихід диференційного підсилювача 7 підключено до других входів вимірювального сигналу синхронного детектора 8, виходи якого підключено до аналогового входу аналого-цифрового перетворювача 9, цифрові виходи яких підключені до інформаційних входів блока керування та збору інформації 10, виходи якого підключено до входу комп'ютера 11, причому вхід запуску аналого-цифрового перетворювача 9 і входи управління генератора опорних сигналів (синтезатора) 3 підключені також до блока керування та збору інформації 10.

Електростатичний спосіб неруйнівного контролю реалізують наступним чином. Генератор синхросигналів 1 синхронізує роботу генератора вхідних сигналів 2 і роботу генератора опорних сигналів (синтезатора частоти) 3, так що сигнали з їх виходів є когерентні. З генератора вхідних сигналів 2 на пару збуджуючих електродів датчика 5 подається вхідний сигнал  $U_{вх}=A_{вх} \cdot \cos \omega t$ , а на входи опорного сигналу синхронного детектора 8 опорний сигнал  $U_{оп}=A_{оп} \cdot \cos \omega t$ . Індукований заряд реєструється за допомогою двох пар вимірювальних електродів датчика 5 шляхом підключення їх до підсилювачів заряду 4 та 6. Вихідні сигнали цих підсилювачів подаються на входи диференційного підсилювача 7, на виході якого отримують вимірювальний сигнал  $U_{вим}=A_{вим} \cdot \cos (\omega t + \varphi)$ , що дорівнює різниці сигналів з виходів підсилювачів 2 та 4. Отриманий вимірювальний сигнал  $U_{вим}=A_{вим} \cdot \cos (\omega t + \varphi)$  подається на вимірювальні входи синхронного

детектора 8. На виході синхронного детектора 8 сигнал постійної складової буде визначатись згідно з виразом:

$$U \equiv U_{\text{оп}} \cdot U_{\text{вим}} = \frac{1}{2} \cdot A_0 \cdot A_{\text{вим}} \cdot (\cos \varphi). \quad (1)$$

5

З виходу синхронного детектора 8 цей сигнал подають на вхід аналого-цифрового перетворювача 9, запуск якого відбувається за допомогою блока керування і обробки інформації 10. Як випливає з отриманого виразу (1) значення  $U$  залежить не тільки від фазового зсуву  $\varphi$  помножених сигналів в синхронному детекторі, але і їх амплітуд  $A_0$  і  $A_{\text{вим}}$ . Як відомо при визначенні дефектів інформаційними параметрами є як фазовий зсув  $\varphi$ , так і амплітуда  $A_{\text{вим}}$ , тому для підвищення інформативності (вірогідності) контролю представляється доцільним вимірювати окремо як  $A_{\text{вим}}$  так і фазовий зсув  $\varphi$ . Крім того при великих кутах  $\varphi$  зменшується вимірювальне значення  $U$ , що загрожує зменшенню чутливості метода. Тому при визначенні  $A_{\text{вим}}$  за допомогою блока керування і обробки інформації 10 змінюють поступово початкову фазу генератора опорних сигналів, так щоб фазовий зсув сигналів  $\varphi=0$ . В цьому випадку вимірюване значення  $U$  буде максимальним і буде однозначно визначати амплітуду  $A_{\text{вим}}$  і не буде залежати від фазового зсуву  $\varphi$ , причому значення  $\varphi$  також може бути однозначно визначено через код компенсації початкової фази генератора опорних сигналів. Слід зауважити, що підвищення точності визначення значення  $\varphi$  можна досягнути якщо змінювати початкову фазу генератора опорних сигналів так щоб значення  $U$  при вимірюванні було мінімальним в цьому випадку функція (1) при  $\varphi_k=90^\circ$  має саму високу залежність від зміни  $\varphi$ . Значення  $\varphi$  може бути розраховано згідно виразу:

$$\varphi=90^\circ-\varphi_k,$$

25

де  $\varphi_k$  - компенсаційне (до  $90^\circ$ ) значення фазового зсуву. Запропонований електростатичний спосіб неруйнівного контролю через визначення фазового зсуву, а також амплітуди в кожній точці контролю значно підвищує його інформаційність, спрощує його реалізацію (використовується один канал вимірювання) на відміну використання ортогонального розкладання вимірювального сигналу (використовується два канали вимірювання).

30

Візуалізація накопичення та документування результатів контролю здійснюється за допомогою комп'ютера 11. Як блок керування та збору інформації може бути використаний мікроконтролер типу ATX Mega 32, а як синтезатор частоти (генератора опорних сигналів) з можливістю зміни початкової фази опорного сигналу може бути використана мікросхема DDS синтезатора AD 9834.

35

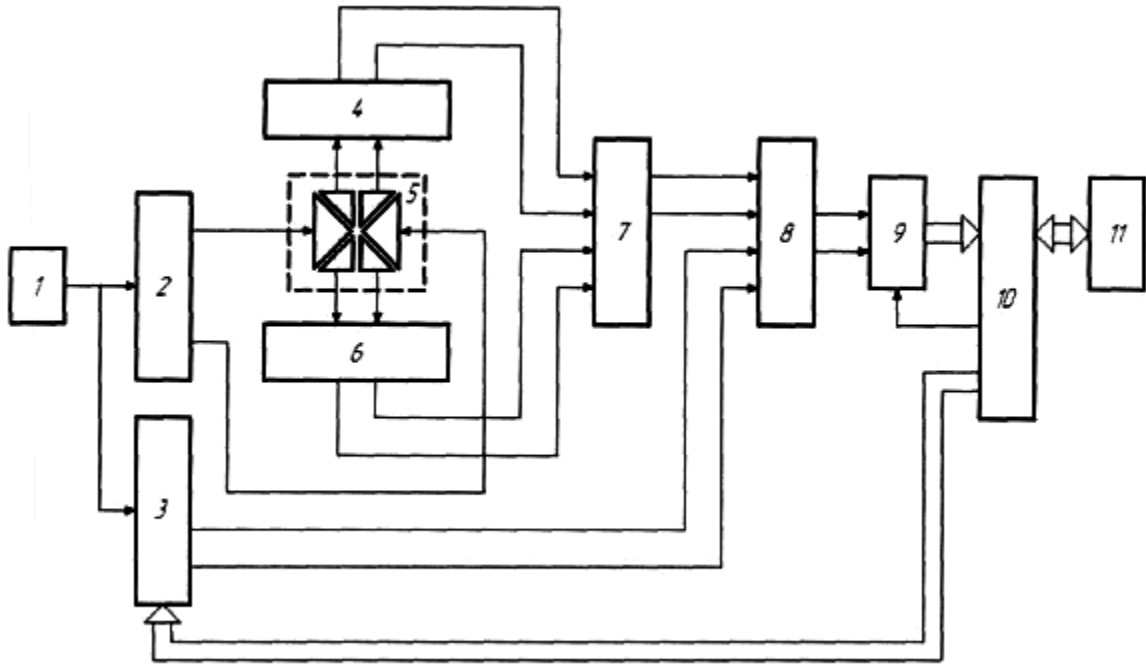
#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

40

1. Електростатичний одноканальний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю, який включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі вхідного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукованого заряду за допомогою других вимірювальних електродів, в якому вимірювальний сигнал визначають як різницю вихідних сигналів однієї та другої пари вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів з подальшим скануванням, обробкою та візуалізацією результатів на екрані, причому сканування об'єкта контролю виконують по двох осях, який **відрізняється** тим, що опорний сигнал синхронізують із вхідним сигналом, і в кожній точці контролю змінюють початкову фазу опорного сигналу до отримання максимуму при визначенні результату вимірювання амплітуди постійної складової, отриманої в результаті перемноження вимірювального сигналу з опорним сигналом.

50

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що значення фазового зсуву в кожній точці контролю визначають по коду зміни початкової фази опорного сигналу, при якому буде мінімум амплітуди постійної складової, отриманої в результаті перемноження вимірювального сигналу з опорним сигналом.




---

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

---

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

---

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