



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **101625** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
G01B 7/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 02542	(72) Винахідник(и): Баженов Віктор Григорович (UA), Івіцька Дар'я Костянтинівна (UA), Овчарук Степан Анатолійович (UA), Грузін Сергій Валерійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.03.2015	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.09.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.09.2015, Бюл.№ 18	(73) Власник(и): Баженов Віктор Григорович, просп. Перемоги, 37-г, кв. 5, м. Київ, 03056 (UA)

(54) ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ОДНОКАНАЛЬНИЙ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИЙ СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

(57) Реферат:

Електростатичний, одноканальний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю 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. Опорний сигнал синхронізують із вхідним 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.

UA 101625 U

Корисна модель належить до області неруйнівного контролю і може бути використана для контролю широкого спектра матеріалів та конструкцій, діелектриків та провідних матеріалів, без використання контактної рідини. Відомим є «Електростатичний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю» (див 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 індукваного 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 індукваного 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 інформаційність (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 корисної моделі поставлена задача підвищити інформаційність 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 індукваного заряду за допомогою других вимірювальних електродів, а також перемноження опорного та вимірювального сигналів який 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 із 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.

Згідно з корисною моделлю, 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, при цьому 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 $U_{\text{вх}} = A_{\text{в}} \cdot \cos \omega t$, а на входи опорного сигналу синхронного детектора 8 опорний сигнал

$U_{\text{оп}} = A_{\text{о}} \cdot \cos \omega t$. 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 $U_{\text{вим}} = A_{\text{вим}} \cdot \cos (\omega t + \varphi)$, що дорівнює різниці сигналів з виходів

підсилювачів 2 та 4. Отриманий вимірювальний сигнал $U_{\text{вим}} = A_{\text{вим}} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ подається на вимірювальні входи синхронного детектора 8. На виході синхронного детектора 8 сигнал постійної складової буде визначатись, згідно з виразом:

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

5 3 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 φ 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 φ , так і амплітуда $A_{\text{вим}}$,
10 тому для підвищення інформаційності (вірогідності) контролю представляється доцільним вимірювати окремо як $A_{\text{вим}}$, так і фазовий зсув φ . Крім цього при великих кутах φ 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 φ , причому значення φ також може бути однозначно визначено через код компенсації початкової фази генератора опорних сигналів. Слід зауважити, що підвищення точності визначення значення φ 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 φ). Значення φ може бути розраховано, згідно з виразом:

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

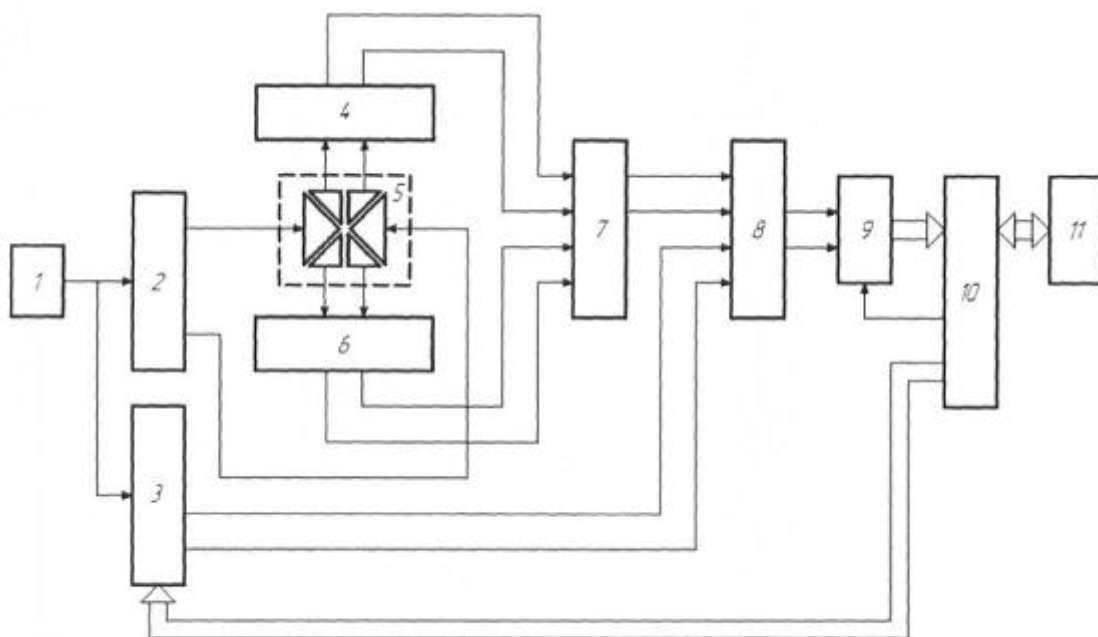
де φ_k - компенсаційне (до 90°) значення фазового зсуву. Запропонований електростатичний спосіб неруйнівного контролю через визначення фазового зсуву, а також амплітуди в кожній
25 точці контролю значно підвищує його інформаційність, спрощує його реалізацію (використовується один канал вимірювання) на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

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

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

35 1. Електростатичний, одноканальний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю, що включає генерацію електростатичного поля шляхом подачі вхідного сигналу заданої частоти на одну пару електродів, реєстрацію індукваного заряду за допомогою других вимірювальних електродів, в якому вимірювальний сигнал визначають як різницю вихідних сигналів однієї та
40 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 зі вхідним і в кожній точці контролю змінюють початкову фазу опорного сигналу до отримання максимуму при визначенні результату вимірювання амплітуди постійної
45 складової, отриманої в результаті перемноження вимірювального сигналу з опорним.

2. Електростатичний, одноканальний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю 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.



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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