



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118164** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
G01N 27/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 01264	(72) Винахідник(и): Баженов Віктор Григорович (UA), Гльойнік Костянтин Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 13.02.2017	(73) Власник(и): Баженов Віктор Григорович, просп. Перемоги, 37-г, буд. 4, кв. 5, м. Київ, 03056 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.07.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2017, Бюл.№ 14	

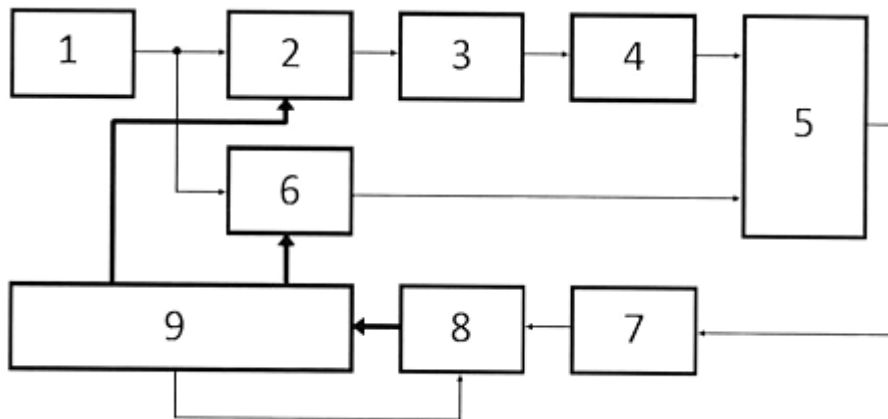
(54) ВИХРОСТРУМОВИЙ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИЙ СПОСІБ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

(57) Реферат:

Вихрострумовий амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю включає перемноження вимірювального і опорного сигналів з подальшим визначенням амплітуди отриманої постійної складової. Фазу одного із сигналів періодично змінюють на 90 градусів і значення амплітуди і фазового зсуву вимірювального сигналу визначають відповідно як $X = \sqrt{a_s^2 + a_c^2}$, $\varphi = \arctg \frac{a_s}{a_c}$,

де $a_c = \frac{1}{2} kABC \cos(\varphi)$ - значення постійної косинусної складової;

$a_s = \frac{1}{2} kABS \sin(\varphi)$ - значення постійної синусної складової, отриманої після зміни фази сигналу на 90 градусів.



UA 118164 U

Корисна модель належить до галузі неруйнівного контролю і може бути використана у вихрострумовій дефектоскопії.

Аналогом є вихрострумовий амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю, який включає перетворення в цифровий код вимірювального сигналу з виходу вихрострумового перетворювача з подальшим виконанням дискретного перетворення Фур'є в спеціальних сигнальних процесорах і визначенням фази та амплітуди вимірювального сигналу (Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання /В.М.Учанін. Львів: СПОЛОМ, 2013. -268 с.).

Недоліками такого способу є те, що він потребує використання дорогих АЦП з високою частотою дискретизації, а також високопродуктивних цифрових сигнальних процесорів з великим енергоспоживанням, що приводить до значного підвищення кошторису, габаритів і енергоспоживання приладів, які реалізують такий метод.

Найближчим аналогом є вихрострумовий амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю, який включає перемноження опорного та вимірювального сигналів з подальшим визначенням отриманої постійної складової і визначенням фазового зсуву як кода компенсації цифровим синтезатором частоти фазового зсуву вимірювального сигналу внаслідок взаємодії вихрострумового перетворювача з об'єктом контролю (Патент України на корисну модель № 45908 МПК G01 N27/00 опубл.25.11.2009, Бюл. № 22,2009 р. Баженов В.І., Клімашевська В.М., Гльойнік К.А.).

Недоліком такого способу є низька швидкодія внаслідок покрокової компенсації фазового зсуву цифровим синтезатором по програмі мікроконтролера. Час компенсації, залежить від числа кроків, яких може бути дуже багато.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищити швидкодію контролю, за рахунок 90° маніпуляції одного із сигналів.

Поставлена задача вирішується тим що, в вихрострумовому амплітудно-фазовому способі неруйнівного контролю, який включає перемноження вимірювального і опорного сигналів з подальшим визначенням амплітуди отриманої постійної складової, новим є те, що фазу одного із сигналів періодично змінюють на 90 градусів і значення амплітуди і фазового зсуву

вимірювального сигналу визначають відповідно як $X = \sqrt{a_s^2 + a_c^2}$, $\varphi = \arctg \frac{a_s}{a_c}$, де

$-a_c = \frac{1}{2} kABCos(\varphi)$ значення постійної косинусної складової, $a_s = \frac{1}{2} kABSin(\varphi)$ - значення постійної синусної складової, отриманої після зміни фази сигналу на 90 градусів.

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

Дефектоскоп містить послідовно з'єднані опорний генератор 1 та синтезатор частоти 2, підсилювач 3, вихрострумовий перетворювач 4, синхронний амплітудний детектор 5, другий вхід якого з'єднаний з виходом другого синтезатора частоти 6, вхід якого також з'єднано з виходом опорного генератора, з виходом синхронного амплітудного детектора послідовно з'єднані фільтр нижніх частот 7, аналого-цифровий перетворювач 8, мікроконтролер 9, до виходу якого підключено вхід запуску аналого-цифрового перетворювача, входи управління обох синтезаторів частоти з'єднані з виходами мікроконтролера 9.

Вихрострумовий амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю реалізують наступним чином. За допомогою мікроконтролера 9 задаються сигнали із заданими частотами на виході синтезаторів частоти 2 та 6, крім того в регістри фази одного із мікроконтролерів попередньо одноразово завантажуються такі коди, щоб сигнал на виході цього синтезатора змінював значення своєї початкової фази на 90° по сигналу маніпуляції мікроконтролера. Сигнал з виходу синтезатора частоти 2 надходить через підсилювач 3 на вихрострумовий перетворювач 4, який взаємодіє з об'єктом контролю. Амплітуда і фаза на виході вихрострумового перетворювача 4 буде залежати від параметрів об'єкта контролю, а також від наявності в ньому дефектів. Сигнал з виходу вихрострумового перетворювача 4 подається на один із входів синхронного амплітудного детектора 5, на другий вхід синхронного амплітудного детектора подається сигнал такої ж частоти з синтезатора 6, таким чином сигнал на виході синхронного амплітудного детектора 5 буде залежати від амплітуди і фази сигналу з виходу вихрострумового перетворювача 4. Якщо в початковий момент часу синтезатори генерують два когерентних гармонійних сигнали $a(t)$, та $b(t)$. Один із них потрапляє безпосередньо на синхронний амплітудний детектор 5: $a(t) = A\sin(\omega t)$. Інший, отримавши певні зміни амплітуди та фази сигналу від $b_u(t) = B\sin(\omega t + \varphi)$. Математично синхронний амплітудний детектор 5 реалізує собою операцію множення. Тому на його виході перед фільтром нижніх частот 7 результуючий сигнал набуде вигляду:

$$\begin{aligned} a(t) \cdot b_u(t) &= A \sin(\omega t) \cdot B \sin(\omega t + \varphi) = \\ &= \frac{1}{2} AB [\cos(\omega t - \omega t + \varphi) - \cos(\omega t + \omega t - \varphi)] \\ a(t) \cdot b_u(t) &= \frac{1}{2} AB [\cos(\varphi) - \cos(2\omega t + \varphi)]. \end{aligned}$$

Результат має дві складових, одна з яких залежить лише від фази і фізично являє собою постійний струм, інша - змінний струм подвійної частоти.

5 Фільтр нижніх частот 7 відфільтровує складову $\cos(2\omega t + \varphi)$ і результуючий сигнал має лише складову, залежну від фази: $U = 0.5AB \cos(\varphi)$.

За допомогою мікроконтролера 9 періодично здійснюють 90° маніпуляцію фази сигналу одного з синтезаторів частоти шляхом подачі сигналу з одного із виводів мікроконтролера. Це буде означати, що постійна складова буде змінюватися на $U = 0.5AB \sin(\varphi)$. Таким чином
10 періодично з частотою маніпуляції на виході синхронного амплітудного детектора отримують також періодично постійні складові сигналів, пропорційні відповідним проекціям

$a_c = \frac{1}{2} kAB \cos(\varphi)$ і $a_s = \frac{1}{2} kAB \sin(\varphi)$, які відфільтровують і також періодично кодують за допомогою ЛЦГІ8 і обробляють мікроконтролером 9. Результат вимірювання амплітуди та фази визначають

15 згідно з відповідними виразами $X = \sqrt{a_s^2 + a_c^2}$, $\varphi = \arctg \frac{a_s}{a_c}$.

Як впливає з вищесказаного, фактично, при вимірювання зсуву фаз в такому випадку реалізується одноканальний ортогональний метод виміру, який є найбільш точним. При цьому зміна амплітуди визначається як різниця двох вимірів амплітуди до знаходження дефекту і після. Значення фазового зсуву може бути визначено безпосередньо по значенню $\varphi = \arctg \frac{a_s}{a_c}$,

20 якщо початковий фазовий зсув сигналів на вході синхронного амплітудного детектора дорівнював нулю. Використання такого способу реалізації вихрострумів дефектоскопів на базі синтезаторів частоти дозволяє значно (10-100 разів) підвищити швидкодію дефектоскопа, тому що зміна фази на 90° потребує однієї команди для зміни значення одного біта на виході мікроконтролера (замість загрузки двох дванадцятирозрядних слів по послідовному інтерфейсу, щоб виконати один крок зміни фазового зсуву для отримання кода його компенсації при використанні найбільш близького аналогу). Крім того запропонований спосіб для своєї
25 реалізації використовує один вимірювальний канал, що значно спрощує його реалізацію і підвищує точність вимірювання, особливо фази, яка визначається через відношення a_s до a_c і похибки вимірювального каналу частково компенсуються. Використання синхронного
30 амплітудного детектора 5 дозволяє суттєво підвищити завадостійкість при вимірюванні амплітуди і фази.

Як синтезатори частоти можуть бути використані наприклад: мікросхеми AD9834, що реалізують метод DDS, які мають дуже малі розміри (5×5 мм) та вживають енергії менше 20 мВт.

35 Особливо слід зазначити, що поява швидкодіючих вихрострумів дефектоскопів на базі DDS синтезаторів частоти, керованих сучасними мікроконтролерами значно менших габаритів, з меншим енергоспоживанням, значно дешевших і які не поступаються за швидкодією, точністю, функціональними можливостями сучасним цифровим дефектоскопам на базі потужних DSP процесорів, дозволить їх безпосередньо вбудовувати в автоматичні лінії контролю на
40 підприємствах, а також ще більше поширить розповсюдження вихрострумів контролю для підвищення якості різної продукції.

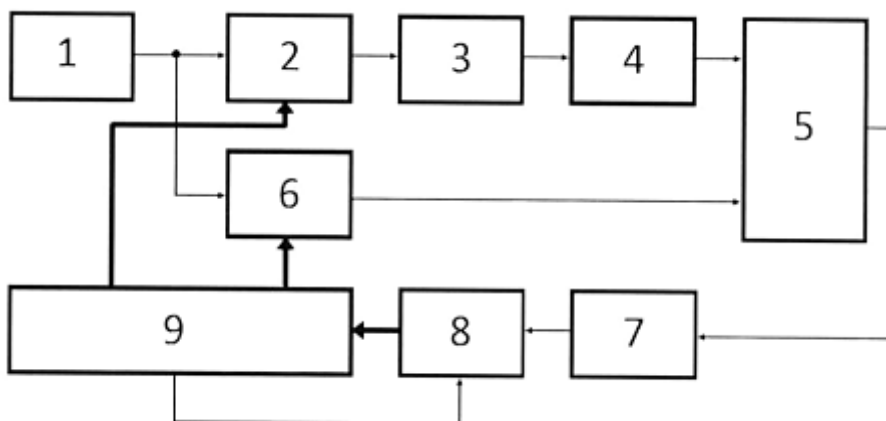
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Вихрострумний амплітудно-фазовий спосіб неруйнівного контролю, який включає перемноження вимірювального і опорного сигналів з подальшим визначенням амплітуди отриманої постійної складової, який **відрізняється** тим, що фазу одного із сигналів періодично змінюють на 90 градусів і значення амплітуди і фазового зсуву вимірювального сигналу

визначають відповідно як $X = \sqrt{a_s^2 + a_c^2}$, $\varphi = \arctg \frac{a_s}{a_c}$,

де $a_c = \frac{1}{2}kAB\cos(\varphi)$ - значення постійної косинусної складової;

$a_s = \frac{1}{2}kAB\sin(\varphi)$ - значення постійної синусної складової, отриманої після зміни фази сигналу на 90 градусів.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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