



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **82594** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01N 27/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 03403</b>	(72) Винахідник(и): <b>Куц Юрій Васильович (UA), Лисенко Юлія Юріївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>20.03.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.08.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Лисенко Юлія Юріївна, вул. Грушевського, 17, кв. 234, м. Бровари, Київська обл., 07400 (UA), Куц Юрій Васильович, Дніпровська набережна, 3, кв. 49, м. Київ, 03098 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.08.2013, Бюл.№ 15</b>	

## (54) СПОСІБ ІМПУЛЬСНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ОБ'ЄКТІВ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ

### (57) Реферат:

Спосіб імпульсного вихрострумowego контролю об'єктів циліндричної форми, що включає збудження вихрострумowego перетворювача, наведення вихрових струмів в об'єкті контролю, приймання внесеного відгуку перетворювача, який містить інформацію про параметри об'єкта контролю, підсилення та аналогово-цифрового перетворення внесеного відгуку, цифрової обробки отриманого результату, причому аналізують характеристики перехідного процесу за відгуком перетворювача на фронти збуджуючого сигналу, виконують перетворення Гільберта внесеного сигналу перетворювача, визначають його фазову характеристику, за якою оцінюють діаметр об'єкта контролю, визначають амплітудну характеристику внесеного сигналу та її декремент, за яким оцінюють електропровідність матеріалу об'єкта контролю.

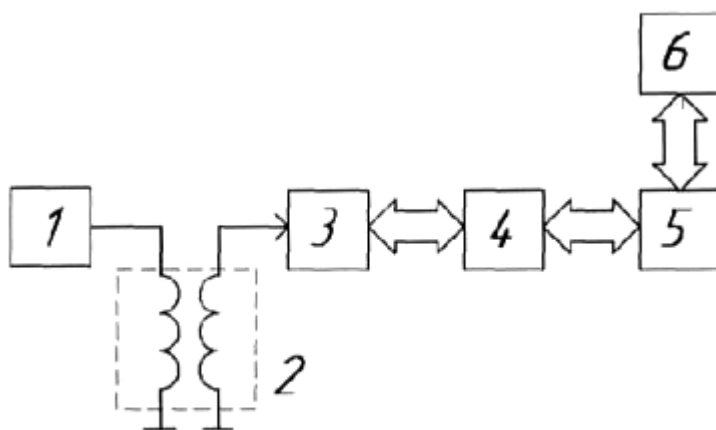


Fig. 1

UA 82594 U



Корисна модель належить до засобів неруйнівного контролю і може бути використана в електромагнітній дефектоскопії для визначення діаметра циліндричного об'єкта, а також електропровідності його матеріалу.

Відомий спосіб вихрострумової дефектоскопії з імпульсним збудженням вихрострумового перетворювача, який оснований на визначенні положення вузлової точки вихідного сигналу перетворювача для компенсації впливу зазору між ним та об'єктом контролю в процесі ідентифікації сплавів на основі їх електропровідності [1].

Відомий також, вибраний як найближчий аналог, спосіб вихрострумової дефектоскопії з імпульсним збудженням вихрострумового перетворювача, який оснований на визначенні інтервалу часу від початку вносимого сигналу до точки переходу нульового рівня по напрузі цього сигналу після проведення зміщення початку координат в певну точку відносно початку збуджуючого імпульсу [2].

Такий спосіб імпульсної вихрострумової дефектоскопії дозволяє підняти чутливість методу, проте при визначенні інтервалу часу між початком сигналу в новій системі координат та моментом перетину нульового рівня по напрузі можливе накопичення похибки за рахунок впливу завад різного виду та шумів на інформативний сигнал, що впливає на точність виявлення дефектів таким способом.

В основі корисної моделі лежить залежність частоти і загасання внесеного відгуку перетворювача від діаметра об'єкта контролю та електропровідності матеріалу цього об'єкта, який отримано шляхом збудження трансформаторного прохідного вихрострумового перетворювача імпульсом струму прямокутної форми, за рахунок чого у вихрострумовому перетворювачі має місце перехідний процес як відгук на фронти збуджуючого сигналу, визначення гільберт-образу внесеного відгуку, знаходження його амплітудної та фазової характеристик, за якими оцінюють діаметр і питому електропровідність матеріалу об'єкта.

Застосування імпульсного збудження трансформаторного прохідного вихрострумового перетворювача та визначення амплітудної та фазової характеристик внесеного відгуку цього перетворювача дозволяє провести оцінку діаметра об'єкта контролю та питомої електропровідності матеріалу цього об'єкта.

На фіг. 1 зображено схему апаратно-програмного комплексу, що реалізує запропонований спосіб, яка містить 1 - імпульсний генератор, 2 - вихрострумовий прохідний перетворювач трансформаторного типу, 3 - пристрій збору інформації, 4 - цифровий інтерфейс, 5 - персональний комп'ютер, 6 - програмне забезпечення.

На фіг. 2 зображено графік ділянки збуджуючого прямокутного сигналу, фіг. 3 - внесений відгук  $u_{всп}(t, D, \gamma)$  вихрострумового перетворювача, фіг. 4 - фазова характеристика  $\hat{\Phi}(t, D, \gamma)$  внесеного сигналу, фіг. 5 - амплітудна характеристика  $\hat{U}(t, D, \gamma)$  цього ж сигналу, фіг. 6 - графік функції  $f(D, \gamma)$ , фіг. 7 - графік функції  $\alpha(D, \gamma)$ , де крива 1 та 2 для алюмінієвих і бронзових об'єктів, відповідно.

Спосіб реалізується на прикладі відомих функціональних блоків та пристроїв (див. фіг. 1).

Сигнал з імпульсного генератора 1 подається на котушку збудження прохідного трансформаторного вихрострумового перетворювача 2, вихідним сигналом якого є внесений відгук перетворювача  $u_{всп}(t, D, \gamma) = U(t, D, \gamma) \cdot \cos \Phi(t, D, \gamma)$ ,  $t \in (t_1, t_2)$ , де  $U(t, D, \gamma) = U_m e^{-\alpha(D, \gamma)t}$ ,  $U_m$  - амплітудне значення сигналу,  $\alpha(D, \gamma)$  - загасання сигналу,  $\Phi(t, D, \gamma) = 2\pi f(D, \gamma)t$ , де,  $f(D, \gamma)$  - частота коливальності сигналу,  $t$  - поточний час,  $(t_1, t_2)$  - інтервал часу аналізу вихідного сигналу вихрострумового перетворювача. Характеристики загасаючого внесеного відгуку  $u_{всп}(t, D, \gamma)$  залежать від фізико-механічних параметрів об'єкта контролю та можливих дефектів у ньому.

Далі внесений сигнал  $u_{всп}(t, D, \gamma)$  подається на блок збору інформації 3, який може включати підсилювач, фільтр, аналогово-цифровий перетворювач, до якого додатково передають сигнал з імпульсного генератора 1 для синхронізації роботи блока 3. Отриманий в блоці 3 цифровий сигнал через цифровий інтерфейс 4 передають до персонального комп'ютера 5. Керування роботою блока збору інформації 3 здійснюється персональним комп'ютером 5 через цифровий інтерфейс 4. Персональний комп'ютер реалізує дискретне перетворення Гільберта, обчислює амплітудну та фазову характеристики внесеного відгуку вихрострумового перетворювача, а також визначає залежність частоти та загасання цього сигналу, як функції від діаметра об'єкта контролю та електропровідності матеріалу об'єкта.

Встановлено, що інформацію про діаметр об'єкта контролю при імпульсному вихрострумовому контролі містить фазова характеристика внесеного відгуку перетворювача, а

інформацію про електропровідність матеріалу - загасання амплітудної характеристики. В пропонуваному способі контролю застосовується перетворення Гільберта для отримання амплітудної та фазової характеристик, які визначаються за формулами:

$$\hat{U}(t, D, \gamma) = \sqrt{u_{\text{всп}}^2(t, D, \gamma) + u_H^2(t, D, \gamma)} \quad (1)$$

$$\hat{\Phi}(t, D, \gamma) = \arctg \frac{u_H(t, D, \gamma)}{u_{\text{всп}}(t, D, \gamma)} \quad (2)$$

де  $u_H(t, D, \gamma)$  - гільберт-образ сигналу.

5 За фазовою характеристикою визначають частоту внесеного відгуку перетворювача:

$$f(D, \gamma) = \frac{\Delta \hat{\Phi}(t, D, \gamma)}{2\pi \Delta T} \quad (3)$$

де  $\Delta \hat{\Phi}(t, D, \gamma)$  - накопичена фаза внесеного сигналу за час  $\Delta T = t_2 - t_1$  (див. фіг. 4), а загасання цього ж сигналу:

$$\alpha(D, \gamma) = \frac{1}{\Delta T} \ln \frac{\hat{U}(t_1, D, \gamma)}{\hat{U}(t_2, D, \gamma)} \quad (4)$$

де  $\hat{U}(t_1, D, \gamma)$ ,  $\hat{U}(t_2, D, \gamma)$  - значення амплітудної характеристики внесеного сигналу відповідно в моменти часу  $t_1$  та  $t_2$  (див. фіг. 5).

10 Залежність частоти внесеного сигналу перетворювача від діаметра об'єкта з алюмінію, отриману експериментальним шляхом приведено на фіг. 6. Графік функції загасання  $\alpha(D, \gamma)$ , також отриманий експериментально, наведено на фіг. 7.

15 З метою підвищення точності визначення частоти та загасання внесеного відгуку перетворювача в даному способі при їх визначенні можна використовувати апроксимацію амплітудної та фазової характеристик.

Описаний вище спосіб дозволяє провести двопараметровий контроль об'єктів циліндричної форми, а саме провести оцінки діаметра циліндричних об'єктів та електропровідності матеріалу цього об'єкта в результаті аналізу амплітудної та фазової характеристик внесеного відгуку вихрострумowego перетворювача. Результати запропонованого способу контролю не залежать від амплітуди збуджуючого сигналу.

Джерела інформації:

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З.Т. Назарчука. - Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2001.-1134 с.
- 25 2. Патент РФ на изобретение № 2429468 Способ импульсной вихретоковой дефектоскопии. С.С. Сагалов, А.В. Сухих, С.В. Павлов - Оpubл. 15.06.2010.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. - СПб.: Питер, 2003.-604 с.
4. Куц Ю.В. Статистична фазометрія / Ю.В. Куц, Л.М. Щербак. - Тернопіль: Тернопільський державний університет ім. І. Пулюя, 2009.-383 с.

30

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб імпульсного вихрострумowego контролю об'єктів циліндричної форми, що включає збудження вихрострумowego перетворювача, наведення вихрових струмів в об'єкті контролю, приймання внесеного відгуку перетворювача, який містить інформацію про параметри об'єкта контролю, підсилення та аналогово-цифрового перетворення внесеного відгуку, цифрової обробки отриманого результату, який **відрізняється** тим, що аналізують характеристики перехідного процесу за відгуком перетворювача на фронти збуджуючого сигналу, виконують перетворення Гільберта внесеного сигналу перетворювача, визначають його фазову характеристику, за якою оцінюють діаметр об'єкта контролю, визначають амплітудну характеристику внесеного сигналу та її декремент, за яким оцінюють електропровідність матеріалу об'єкта контролю.

35

40

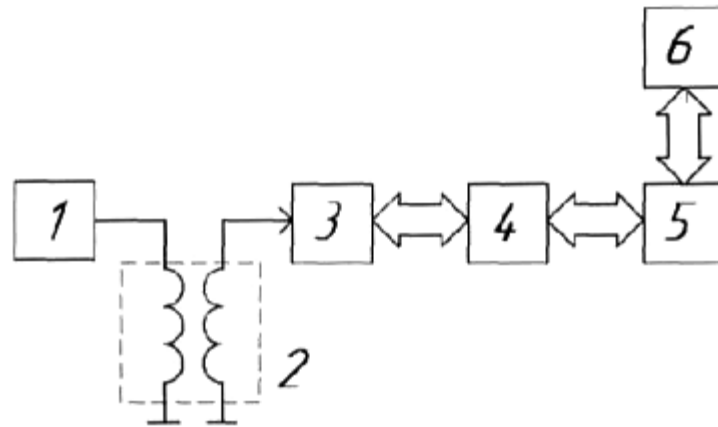


Fig. 1

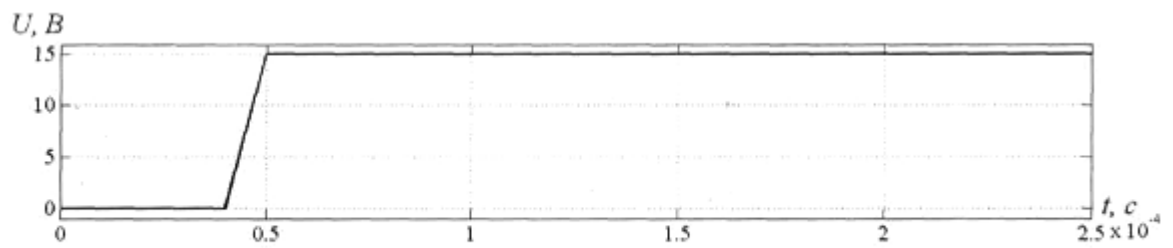


Fig. 2

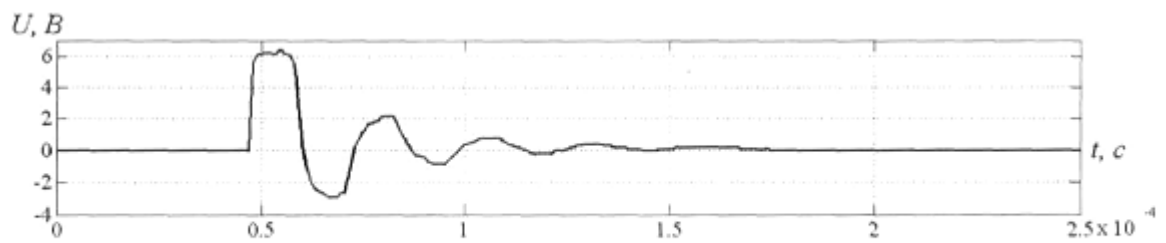


Fig. 3

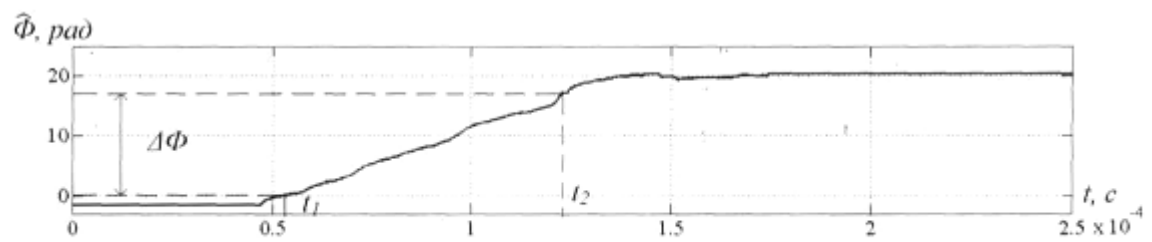
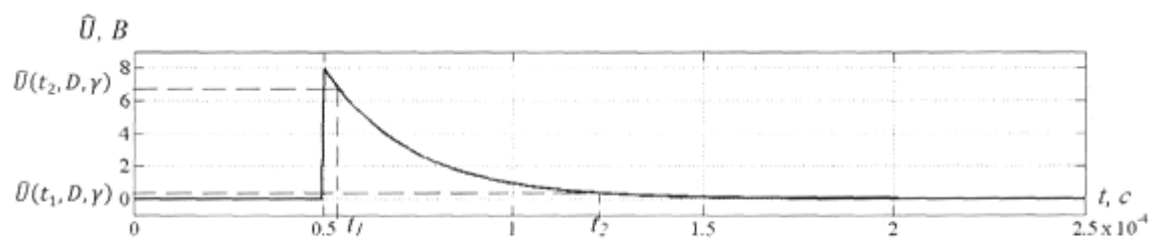
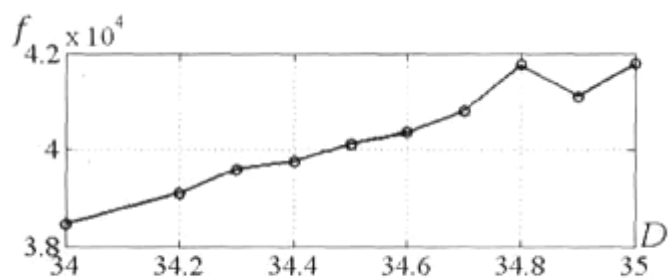


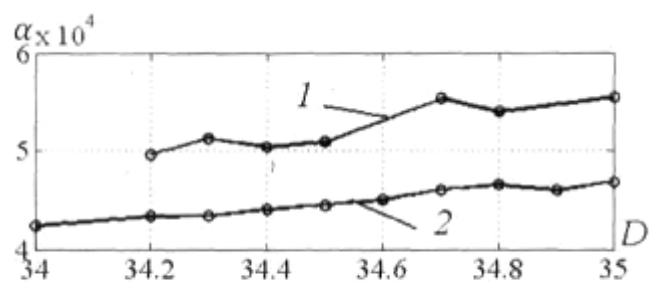
Fig. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

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