



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86910 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01H 5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ

1

2

(21) а200804340

(22) 07.04.2008

(24) 25.05.2009

(46) 25.05.2009, Бюл.№ 10, 2009 р.

(72) ЛЮТАК ІГОР ЗІНОВІЙОВИЧ, UA

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, UA

(56) UA 14093, 15.05.2006

SU 1649300, 15.05.1991

RU 2069841, 27.11.1996

SU 1536214, 15.01.1990

SU 1435952, 07.11.1988

SU 1307323, 30.04.1987

(57) Пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку, який містить генератор синхронізуючих імпульсів, схему керування, схему I₁, генератор зондуєчих імпульсів, електронний ключ, підсилювач, приймально-передавальний перетворювач, навантажений на вимірювальний зразок, де перший вихід генератора синхронізуючих імпульсів з'єднаний з першим входом схеми I₁, другий вихід - з входом схеми керування, перший вихід якої з'єднаний з першим входом електронного ключа, другий вихід - з другим входом схеми I₁, вихід якої з'єднаний з входом генератора зондуєчих імпульсів, перший

вихід якого з'єднаний з приймально-передавальним перетворювачем, навантаженим на вимірювальний зразок і паралельно з'єднаний з другим входом електронного ключа, другий вихід з'єднаний з третім входом електронного ключа і через його вихід з входом підсилювача, який відрізняється тим, що додатково введена схема помножувача частоти на 2π, схема I₂, селектор, лічильник, тригер, схема одиночного запуску, формувач імпульсів, де вхід схеми помножувача частоти на 2π з'єднаний з третім виходом схеми керування, а перший вихід з'єднаний з першим входом схеми I₂, а другий вихід - з першим входом селектора, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом схеми одиночного запуску, а вихід з'єднаний з першим входом лічильника, другий вхід якої з'єднаний з другим виходом схеми I₂, третій вхід з'єднаний з другим виходом схеми одиночного запуску, вхід якої з'єднаний з виходом тригера, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом генератора синхронізуючих імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з третім входом схеми I₂ і паралельно з виходом формувача імпульсів, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача.

Винахід стосується галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання швидкості ультразвуку в матеріалах при дослідженні їх фізико-механічних властивостей.

Відомий пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку, що містить мултивібратор, одновібратор, формувач імпульсів, генератор імпульсів, електроакустичний перетворювач, електронний ключ, підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення, детектор, лічильник імпульсів, комутатор і додатковий лічильник імпульсів, лінію затримки та блок узгодження. (И.В. Перун, З.П. Лютак, Т.Л. Левицкий, В.В. Харионовский, В.П. Троценко, П.П. Бородавкин. Авт. свид. СССР №423337 G01H 5/00).

Вказаний пристрій відрізняється тим, що має низьку точність вимірювання. Це пов'язано з тим, що досліджувані матеріали мають різний акустич-

ний імпеданс, а отже луносигнали в вигляді коротких радіоімпульсів після багатократних відбиттів будуть мати на часовій осі не однаково спадаючу амплітуду і при їх обробці вказаним пристроєм буде виникати похибка.

Відомий також пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку, найбільш близький до винаходу за сукупністю ознак, який містить схему керування, перший вихід якої з'єднаний з першим входом електронного ключа, другий вихід з першим входом схеми "7", а вхід з'єднаний з першим виходом генератора синхронізуючих імпульсів, другий вихід якого з'єднаний з другим входом схеми співпаданья, третій вихід з'єднаний з першим входом схеми "7", вихід якої з'єднаний з першим входом генератора зондуєчих імпульсів, перший вихід якого з'єднаний з приймально-передаючим перетворювачем навантаженого на вимірюваль-

(13) C2

(11) 86910

(19) UA

ний зразок і паралельно з першим входом електронного ключа, другий вихід з першим входом вимірювача часу поширення ультразвуку, третій вихід з'єднаний з другим входом електронного ключа і через його вихід з входом підсилювача, вихід якого з'єднаний з першим входом схеми співпадання, а її вихід з входом аналізатора сигналів, вихід якого з'єднаний зі схемою затримки виділеного сигналу, вихід якої з'єднаний з другим входом вимірювача часу поширення ультразвуку і через його вихід з'єднаний з входом відеоблоку (Мандра А.А., Лютак З.П. Пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку. №14093 G01H 5/00 Деклараційний патент на корисну модель 15/05/2006. Бюл. №5).

Вказаний пристрій не забезпечує високу точність вимірювання, через те, що частоту генератора синхронізуючих імпульсів вибирають такою, як частота сигналу приймально-передаючого перетворювача, так як при такому збудженні п'єзоперетворювача енергія випромінюючого сигналу буде найбільшою. З другого боку підвищення частоти сигналу приймально-передаючого перетворювача, а отже і його тривалості, обмежується конструктивними особливостями перетворювача, зокрема товщиною п'єзопластини. Оскільки співпадання сигналів генератора синхронізуючих імпульсів і донного синусоїдального сигналу проходить в межах половини періоду хвилі, то точність контролю визначатиметься похибкою дискретності і обмежується тривалістю півхвилі. По друге при випромінюванні і прийманні п'єзоперетворювачем енергії за рахунок відбиття сигналу від поверхні досліджуваного матеріалу утворюються завжди шуми, при накладанні яких перший період донних імпульсів буде мати форму, відмінну від синусоїдальної, а також різну тривалість, що при обробці донного сигналу на певному рівні може привести до хибного спрацювання схеми співпадання і утворення на її виході не одного, а двох або більше сигналів різної тривалості, що приведе до зниження точності контролю.

В основу винаходу покладено задачу підвищення точності вимірювання швидкості ультразвуку шляхом помноження частоти генератора синхронізуючих імпульсів на $2\pi n$, що дасть можливість зменшити похибку дискретності, а вимірювання фази між від'ємною півхвилею донного сигналу і сигналом генератора синхронізуючих імпульсів, частота якого підвищена на $2\pi n$, зменшить похибку вимірювання за рахунок зменшення фази між цими двома сигналами.

Поставлена задача вирішується наступним чином. У відомий пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку, який містить загальні з прототипом ознаки такі, як генератор синхронізуючих імпульсів, перший вихід якого з'єднаний з першим входом схеми I_1 , другий вихід з входом схеми керування, перший вихід якої з'єднаний з першим входом електронного ключа, другий вихід з другим входом схеми I_1 , вихід якої з'єднаний з входом генератора зондуючих імпульсів, перший вихід якого з'єднаний з приймально-передаючим перетворювачем, навантаженим на вимірювальний зразок і паралельно з'єднаний з другим входом

електронного ключа, другий вихід з'єднаний з третім входом електронного ключа і через його вихід з входом підсилювача, згідно з винаходом додатково вводиться схема помножувача частоти на $2\pi n$, схема I_2 , селектор, лічильник, тригер, схема одиночного запуску, формувач імпульсів, де вхід схеми помножувача частоти на $2\pi n$ з'єднаний з третім входом схеми керування, а перший вихід з'єднаний з першим входом схеми I_2 , а другий вихід з першим входом селектора, другий вхід якого з'єднаний з першим входом схеми одиночного запуску, а вихід з'єднаний з першим входом лічильника, другий вхід якого з'єднаний з другим входом схеми I_2 , третій вхід з'єднаний з другим входом схеми одиночного запуску, вхід якої з'єднаний з виходом тригера, перший вхід якого з'єднаний з першим виходом генератора синхронізуючих імпульсів, другий вхід якого з'єднаний з третім входом схеми I_2 і паралельно з виходом формувача імпульсів, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача.

На Фіг.1 зображена блок-схема пристрою для вимірювання швидкості ультразвуку, на Фіг.2 - часові діаграми роботи пристрою, на Фіг.3 - часові діаграми зменшення похибки вимірювання за рахунок зменшення фази між сигналами.

Пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку містить генератор синхронізуючих імпульсів 1, схему I_1 2, генератор зондуючих імпульсів 3, електронний ключ 4, схему керування 5, приймально-передаючий перетворювач 6, навантажений на вимірювальний зразок 7, підсилювач 8, схему помножувача частоти на $2\pi n$ 9, схему I_2 10, селектор 11, лічильник 12, тригер 13, схему одиночного запуску 14, формувач імпульсів 15, де перший вихід генератора синхронізуючих імпульсів 1 з'єднаний з першим входом схеми I_1 2, другий вихід з входом схеми керування 5, перший вихід якої з'єднаний з першим входом електронного ключа 4, другий вихід з другим входом схеми I_1 2, вихід якої з'єднаний з входом генератора зондуючих імпульсів 3, перший вихід якого з'єднаний з приймально-передаючим перетворювачем 6 навантаженим на вимірювальний зразок 7 і паралельно з'єднаний з другим входом електронного ключа 4, а другий вихід з'єднаний з третім входом електронного ключа 4 і через його вихід з входом підсилювача 8, вхід схеми помножувача частоти на $2\pi n$ 9 з'єднаний з третім входом схеми керування 5, а перший вихід з'єднаний першим входом схеми I_2 10, а другий вихід з першим входом селектора 11, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом схеми одиночного запуску 14, а вихід з'єднаний з першим входом лічильника 12, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом схеми I_2 10, третій вхід з'єднаний з другим виходом схеми керування 5, а перший вихід з'єднаний з виходом генератора синхронізуючих імпульсів 1, другий вхід якого з'єднаний з третім входом схеми I_2 10 і паралельно з виходом формувача імпульсів 15, вхід якого з'єднаний з виходом підсилювача 8.

Введення в пристрій схеми помножувача частоти на $2\pi n$, схеми I_2 , селектора, лічильника, тригера, схеми одиночного запуску, формувача імпульсів при вимірюванні інтервалу часу частота

генератора синхронізуючих імпульсів множить на 2π , що дасть можливість зменшити похибку дискретності, а також вимірювання фази між від'ємною півхвилею донного сигналу і сигналом генератора синхронізуючих імпульсів, частота якого підвищена на 2π , зменшить похибку за рахунок зменшення фази між цими двома сигналами.

Пристрій для вимірювання швидкості ультразвуку працює наступним чином.

При подачі живлення генератор синхронізуючих імпульсів 1 видає сигнали синусоїдальної форми в вигляді безперервних коливань 16, які поступають на схему керування 5, де в момент переходу синусоїди через нульовий рівень (наприклад із додатних у від'ємні) формуються прямокутні імпульси 17, перший імпульс через схему I_1 2 поступає на генератор зонduючих імпульсів 3, формується з певною тривалістю і амплітудою 18 для збудження п'єзоелектричного перетворювача 6 і одночасно встановлення тригера 13 в одиничне положення, що дає початок відліку вимірювального часу. При цьому початок відліку вимірювального часу завжди співпадає з переднім фронтом зонduючого імпульсу. Ультразвукові коливання пройшовши через товщину зразка 7 поступають знову в вигляді донних імпульсів на п'єзоелектричний перетворювач 6 і через електронний ключ 4 поступають на підсилювач 8, де підсилюються до певної величини 19. Схема керування 5 управляє схемою I_1 при подачі наступного імпульсу для збудження генератора зонduючих імпульсів в ті моменти, коли багатократні донні імпульси 19, які поступають на п'єзоперетворювач згаснуть. Одночасно зі збудженням генератора зонduючих імпульсів 3 включається тригер 13 в одиничне положення переднім фронтом 17 при переході сигналу через нульову вісь із додатного в від'ємне положення і синхронізуючі імпульси через помножувач частоти на 2π 9 і схему I_2 10, поступають на лічильник 12, тобто починається відлік вимірювального інтервалу часу 20, який триває до моменту приходу імпульсу з формувача імпульсів. Схема I_2 10 відкрита при відсутності імпульсу з формувача імпульсів 15, який формуються з отриманого донного сигналу 19 з виходу підсилювача 8 і імпульси з генератора синхронізуючих імпульсів 1 через помножувач на 2π 9 і схему I_2 10 поступають на лічильник 12. В момент приходу імпульсу від формувача імпульсів 15, який формується із донного сигналу 19, схема I_2 закривається і не пропускає більше лічильних імпульсів на лічильник 12 і одночасно формує задній фронт імпульсу відліку часу поширення ультразвуку 20 шляхом виключення тригера 13, яким керує донний сигнал 19 від'ємною півхвилею, так

як додатна півхвиля має відмінну форму від синусоїдальної.

Початок вимірювального інтервалу T_x завжди буде співпадати з початком зонduючого імпульсу 18, а задній фронт може співпадати або не співпадати з сигналом який заповнює вимірювальний інтервал T_x .

В момент включення тригера 13, включається на один період селектор 11 через схему одиничного запуску 14. При співпаданні фронтів двох сигналів з генератора синхронізуючих імпульсів 1 і донного 19 селектор 11 не включається і на лічильник 12 більше імпульсів не поступає. У випадку неспівпадання цих сигналів U_1 і U_2 21 (Фіг.3) відкривається селектор 11 на час T_1 :

$$T_1 = \frac{2\pi}{360 \cdot \omega_x} \cdot \varphi, \quad (1)$$

де ω_x -кругова частота, φ - фаза.

Миттєві значення напруг U_1 і U_2 визначаються як:

$$U_1 = U_{m1} \cos(\omega \cdot t), \quad U_2 = U_{m2} \cos(\omega \cdot t - \varphi), \quad (2)$$

де U_{m1} , U_{m2} - амплітудні значення напруг.

На протязі інтервалу T_1 лічильник фіксує N імпульсів, які слідуєть з періодом T_0 :

$$T_0 = \frac{2\pi}{360 \cdot \omega_x} \quad (3)$$

Із малюнку 21 видно, що

$$T_1 = N \cdot T_0 + \Delta t_k, \quad (4)$$

де Δt_k - час, який менший періоду T_0 при неспівпаданні задніх фронтів сигналу.

Підставимо значення T_1 із (4) в (1), отримаємо:

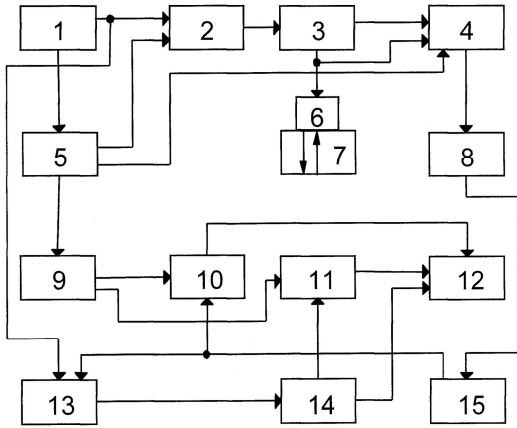
$$\varphi = N - \frac{360 \cdot \omega_x}{2\pi} \cdot \Delta t_k = N - 360 \cdot f_x \cdot \Delta t_k. \quad (5)$$

Отже покази лічильника 12 зміняться і будуть пропорційні фазі φ .

Напряга U_2 може мати довільну фазу φ по відношенню до U_1 , але враховуючи, що похибка розподіляється за рівномірним законом в межах $0 < \Delta t_k < T_0$, то середнє відхилення $\Delta t_k = 0,5T_0$, а це рівне систематичній похибці.

Для досягнення $\Delta t_k = 0,5T_0$ можна зміщувати лічильні імпульси за шкалою часу при допомозі фазозсувної ланки на виході помножувача частоти на 2π , $n = 1, 2, 3$, що дозволить зменшити похибку дискретності на протязі одного періоду T_2 квантуючими імпульсами з періодом T_0 . При цьому період T_0 буде набагато менший за період генератора синхронізуючих імпульсів, що в свою чергу підвищує точність вимірювання швидкості ультразвуку.

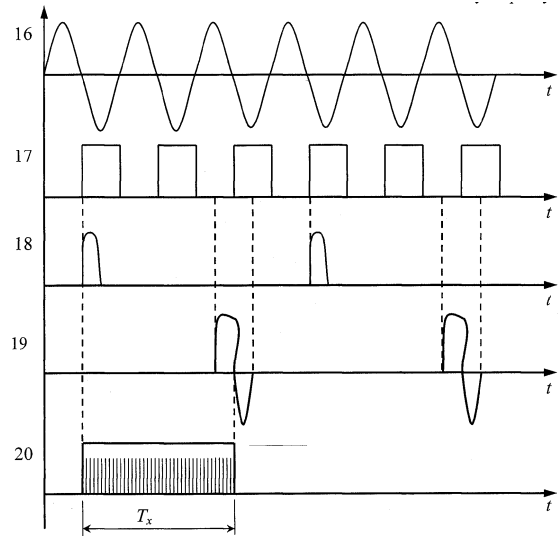
7



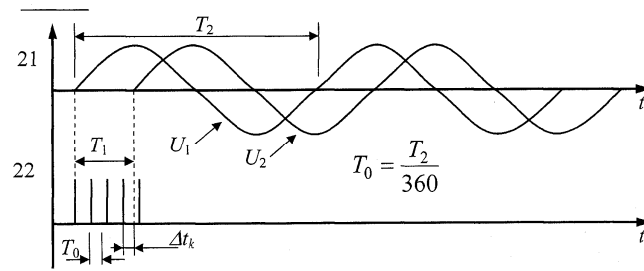
Фиг. 1

86910

8



Фиг. 2



Фиг. 3