



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103094** (13) **C2**  
(51) МПК (2013.01)  
**G04F 10/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

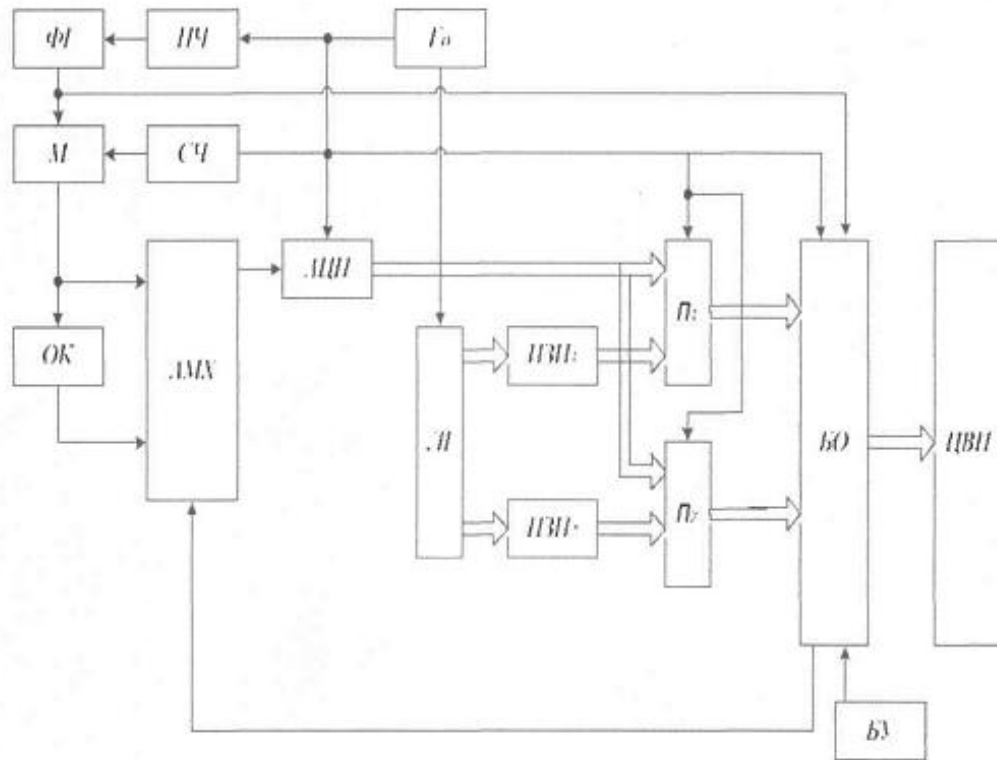
(21) Номер заявки:	<b>а 2011 15467</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Баженов Віктор Григорович (UA), Богдан Галина Анатоліївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>27.12.2011</b>	(73) Власник(и):	<b>Баженов Віктор Григорович, просп. Перемоги, 37, буд. 4, кв. 5, м. Київ, 03056 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.09.2013</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>Чмых М.К. Цифровая фазометрия - М.: Радио и связь, 1993г. UA 98177 C2, 26.12.2011. UA 78146 C2, 15.02.2007. UA 78133 C2, 15.02.2007. RU 2099721 C1, 20.12.1997. SU 1596272 A1, 30.09.1990. SU 1651227 A2, 23.05.1991.</b>
(41) Публікація відомостей про заяву:	<b>10.07.2013, Бюл.№ 13</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.09.2013, Бюл.№ 17</b>		

## (54) СПОСІБ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ФАЗОВОГО ЧАСУ ПРОХОДЖЕННЯ РАДІОІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ

### (57) Реферат:

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний в ультразвуковому неруйнівному контролі матеріалів, конструкцій та об'єктів, для визначення фазової швидкості УЗ коливань. Спосіб для вимірювання фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів включає дискретизацію вимірюваного сигналу, його перетворення в цифровий код і обчислення часу проходження радіоімпульсних сигналів. Частоту, тривалість, період посилок випромінюваного радіосигналу формують від одного генератора  $\Gamma_0$  сигналів частоти дискретизації аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і частоти сигналу зчитування постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), в якому зберігають коди значень синуса та косинуса опорного сигналу. Винахід дозволяє визначати фазовий час затримки ультразвукового сигналу

UA 103094 C2



Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний в ультразвуковому неруйнівному контролі матеріалів, конструкцій та об'єктів, для визначення фазової швидкості УЗ коливань і відповідно визначення фізичних властивостей цих матеріалів (модуль Юнга та ін.), їх якості, залишкового ресурсу різних виробів, втоми та напруженості досліджуваних конструкцій.

Найбільш близьким аналогом є спосіб вимірювання фазового зсуву (див. Чмых М.К., Цифровая фазометрия. -М.: Радио и связь, 1993 г. - С. 16). Даний аналог включає спосіб вимірювання фазового зсуву з дискретною ортогональною обробкою сигналів, який заснований на перетворенні опорного сигналу в цифрову форму та дискретизації вимірюваного сигналу, перетворенні його в цифрову форму і наступній цифровій обробці з метою знаходження синфазної (синусної)  $a_s$  й ортогональної (косинусної)  $a_c$  складових цього сигналу, за якими обчислюється фазовий зсув. Цей метод має високу точність, оскільки операція множення виконується на цифровому рівні.

Недоліком цього способу є те, що сигнал зчитування постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), в якому зберігаються коди значень синуса та косинуса опорного сигналу, та сигнали випромінювання і запуску аналого-цифрового перетворювача (АЦП) не синхронізовані між собою, що призводить до значної похибки вимірювання, головною вимогою для проведення якого є дуже висока точність.

В основу винаходу було поставлено задачу визначення фазового часу затримки ультразвукового сигналу шляхом вимірювання фазового зсуву цього сигналу між опорним та вимірним сигналами при проходженні ультразвукових коливань через досліджуваний об'єкт, дискретним ортогональним способом шляхом формування випромінюваного сигналу з синхросигналу дискретизації АЦП та синхронізації опорних ортогональних цифрових сигналів, помножувачів кодів та роботи обчислювального пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів, який включає дискретизацію вимірюваного сигналу, його перетворення в цифровий код і обчислення фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів, новим є те, що частоту, тривалість, період посилок випромінюваного радіосигналу формують від одного генератора  $\Gamma_0$  сигналів частоти дискретизації аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і частоти сигналу зчитування постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), в якому зберігають коди значень синуса та косинуса опорного сигналу, причому випромінюваний радіоімпульс та вимірюваний подають на один вхід АЦП для перетворення в цифровий код в два етапи; на першому етапі на вхід АЦП одноразово подають випромінюваний радіоімпульс для визначення його початкової фази; на другому етапі проводять визначення фази вимірюваних сигналів, які перевищують поріг чутливості, а час проходження радіоімпульсних сигналів обчислюють згідно з виразом:  $\tau_\phi = \frac{\phi_e - \phi_i}{\omega}$ , де  $\phi_i$  - значення фази

випромінюваного опорного сигналу в межах від 0 до  $2 \cdot \pi$ ;  $\phi_e$  - абсолютне вимірне значення фази вимірюваного сигналу в межах від 0 до  $2 \cdot \pi$  в момент часу, коли значення коду з АЦП перевищить поріг його виявлення;  $\omega$  - частота сигналу.

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

Структурна схема містить:

$\Gamma_0$  - генератор сигналів частоти дискретизації,  $\Phi I$  - формувач імпульсів, М - модулятор, ПЧ - подільник частоти, СЧ - синтезатор частоти, ОК - об'єкт контролю, АЦП - аналого-цифровий перетворювач, ЛІ - лічильник імпульсів, ПЗП<sub>1</sub> і ПЗП<sub>2</sub> - постійні запам'ятовуючі пристрої синусоїдального та косинусоїдального сигналів відповідно, П<sub>1</sub> і П<sub>2</sub> - помножувачі цифрових сигналів, БО - блок обчислення, ЦВП - цифровий відліковий пристрій, К - комутатор, БУ - блок управління.

Принцип роботи пристрою, який реалізує запропонований спосіб вимірювання фазового часу затримки сигналів, полягає в наступному. З генератора тактових імпульсів  $\Gamma_0$  на блок формування радіоімпульсних сигналів подаються імпульси частоти дискретизації АЦП. Подільник частоти ПЧ виконує зменшення частоти і таким чином формує частоту посилок радіоімпульсів. Формувач імпульсів  $\Phi I$  задає тривалість імпульсів. На виході синтезатора частоти СЧ формується періодичний синусоїдальний сигнал, який подається на модулятор М. З модулятора готовий радіоімпульс через датчик надходить до об'єкту контролю ОК. На першому етапі випромінюваний радіоімпульсний сигнал через комутатор, керований блоком обчислення БО, який керується з БУ, подається на вхід АЦП, який перетворює випромінюваний радіоімпульсний сигнал в цифрову форму, звідки він подається на помножувачі цифрових сигналів П<sub>1</sub> і П<sub>2</sub>. Блок формування опорного сигналу складається із лічильника імпульсів ЛІ та

двох ПЗП<sub>1</sub> і ПЗП<sub>2</sub>, в яких відповідно зберігаються значення синусної та косинусної складових опорного сигналу. Цифрові помножувачі окремо виконують операції множення вибірок випромінюваного сигналу від АЦП на складові опорного (Sin, Cos) сигналу, які одночасно синхронно подаються на їх відповідні входи, результати з помножувачів надходять до блока обчислення БО, де виконується цифрова фільтрація сигналів, знаходяться ортогональні складові  $a_s$ ,  $a_c$  і розраховується і запам'ятовується абсолютне значення фази випроміненого радіосигналу  $\varphi_i$ . На другому етапі на вхід АЦП за допомогою комутатора К, керованого блоком БО, подається вимірювальний сигнал з виходу досліджуваного об'єкта, який аналогічно перетворюється в БО, причому абсолютне значення фази вимірювального сигналу  $\varphi_e$  розраховується тільки в той момент часу, коли значення коду з АЦП перевищить поріг його виявлення. Тобто БО окрім обчислення фазового зсуву отриманого вимірювального сигналу і розрахунку фазового часу затримки, згідно з виразом  $\tau_\varphi = \frac{\varphi_e - \varphi_i}{\omega}$ , виконує також функцію порогового фільтра. При цьому перший етап використовується для одноразової калібровки (вимірювання  $\varphi_i$ ) і в подальшому використовується тільки другий етап, оскільки початкова фаза випромінюваного сигналу  $\varphi_i$  буде завжди фіксована завдяки використанню одного генератора  $\Gamma_0$  як для дискретизації АЦП, так і для формування частоти, тривалості, і періоду слідування радіоімпульсів (причому всі ці три параметри радіоімпульсу кратні між собою). Особливістю запропонованого способу вимірювання фазового часу затримки сигналів також є його універсальність. Він може бути використаний не тільки для вимірювання часу затримки сигналу при його наскрізному проходженні через досліджуваний об'єкт (при цьому використовується два етапи як було сказано вище). Але може бути використаний і для вимірювання часу затримки відбитого сигналу, наприклад при реалізації ультразвукового луна-методу, при цьому буде використовуватися тільки перший етап вимірювання (комутатор буде знаходитися тільки в першому положенні).

Використання фактично одного вимірювального каналу в вигляді одного АЦП при відносних вимірюваннях (вимірювання початкової фази випромінюваного сигналу, на другому етапі абсолютної фази вимірювального сигналу, потім знаходження різниці цих фаз) значно підвищує точність визначення фазового часу затримки. Крім того використання ортогонального методу обробки результатів вимірювання також значно підвищує точність, а також завадостійкість вимірювань. При цьому ортогональний метод як відомо дозволяє розраховувати не тільки фазу першої гармоніки сигналу, а й амплітуду, якщо буде потрібно. Синхронізація запуску роботи АЦП, роботи помножувачів кодів, блока обчислення БО, а також формування випромінюваного радіоімпульсного сигналу від високостабільного опорного генератора  $\Gamma_0$  дозволяє робити ці вимірювання циклічними і виконувати многократне вимірювання і потім осереднення отриманих результатів, що також значно підвищує точність вимірювання і в принципі дає можливість проведення фазових вимірювань.

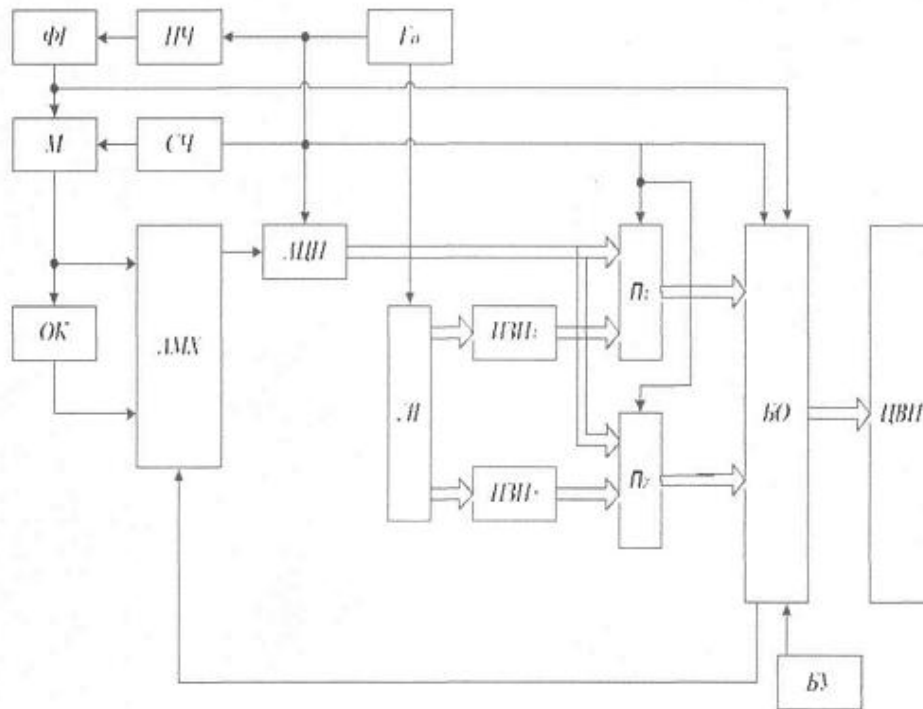
Блок формування опорного сигналу та БО можна реалізувати на одній мікросхемі AD6600.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб для вимірювання фазового часу проходження радіоімпульсних сигналів, що включає дискретизацію вимірюваного сигналу, його перетворення в цифровий код і обчислення часу проходження радіоімпульсних сигналів, який **відрізняється** тим, що частоту, тривалість, період посилок випромінюваного радіосигналу формують від одного генератора  $\Gamma_0$  сигналів частоти дискретизації аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і частоти сигналу зчитування постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП), в якому зберігають коди значень синуса та косинуса опорного сигналу, причому випромінюваний радіоімпульс та вимірюваний сигнал подають на один вхід АЦП для перетворення в цифровий код в два етапи; на першому етапі на вхід АЦП одноразово подають випромінюваний радіоімпульс для визначення його початкової фази; на другому етапі проводять визначення фази вимірюваних сигналів, які перевищують поріг чутливості, а час проходження радіоімпульсних сигналів обчислюють згідно з виразом:

$\tau_\varphi = \frac{\varphi_e - \varphi_i}{\omega}$ , де  $\varphi_i$  - значення фази випромінюваного опорного сигналу в межах від 0 до  $2 \cdot \pi$ ;

$\varphi_e$  - абсолютне виміряне значення фази вимірюваного сигналу в межах від 0 до  $2 \cdot \pi$  в момент часу, коли значення коду з АЦП перевищить поріг його виявлення;  $\omega$  - частота сигналу.



Комп'ютерна верстка С. Чулій

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