



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47957

(13) A

(51) G 01 P 15/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

(54) АКСЕЛЕРОМЕТР

1

2

(21) 2001128364

(22) 05 12 2001

(24) 15 07 2002

(46) 15 07 2002, Бюл. № 7, 2002 р.

(72) Науменко Ігор Якович, Кизима Володимир Іва-  
нович, Сокірко Олег Анатолійович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ"(57) Акселерометр, що містить корпус, перший п'є-  
зоперетворювач та підсилювач, який відрізняєть-  
ся тим, що додатково містить другий п'єзоеле-  
мент, обидва п'єзоелементи наклеєно на ідентичні  
диски, які мають електричне з'єднання між собою,  
причому перший диск через перший палець з'єд-  
нано з другим п'єзоелементом, а другий диск че-

рез другий палець - з основою, яку наклеєно на  
магніт, і крім того пристрій містить інвертор, сигна-  
льний процесор, флеш-пам'ять програм, флеш-пам'  
ять даних та радіомодем з антеною, причому си-  
гнальний вихід першого п'єзоелемента через ін-  
вертор з'єднано з першим входом підсилювача,  
сигнальний вихід другого п'єзоелемента з'єднано з  
другим входом підсилювача, а другий диск - з тре-  
тім його входом, вихід підсилювача з'єднано з ана-  
логовим входом сигнального процесора, перший і  
другий виходи якого з'єднано з керуючими входа-  
ми відповідно інвертора і підсилювача, третій і чет-  
вертий виходи - відповідно зі входами флеш-пам'  
яті програм і флеш-пам'яті даних, а п'ятий - з  
входом радіомодема, вихід якого з'єднано з анте-  
ною

Винахід відноситься до галузі вимірювань і  
може бути використаний для вимірювання прискорення у вібровимірювальній техніці, а також в акустичних приладах для визначення місцезнаходження витoku рідини, зокрема, в кореляційних течешукачах

Відомі пристрої для вимірювання прискорення (акселерометри), в основу роботи яких покладено явище п'єзоефекту, що використовується для перетворення зусилля в частоту або в електричну напругу на виході чутливого елемента [1,2]. Недоліками цих пристроїв є вузька смуга частот вимірюваних прискорень, низькі завадостійкість та чутливість, недостатня надійність при роботі у складі великих розгалужених систем

Найбільш близьким до того, що пропонується, по технічній суті та ефекту, який досягається, є акселерометр, вибраний за прототип, який як і пристрій, що пропонується, містить встановлену в корпус інерційну масу, п'єзоперетворювач, джерело випромінювання, а також рідинно-кристалічний індикатор, фотоприймач, оптичний канал, тригер Шмідта, піковий детектор, частотомір та вольметр [3]

Особливістю відомого приладу, яка відрізняє його від того, що заявляється, є використання оптичного каналу для передачі прискорення на при-

лади обробки інформації, а також п'єзоперетворювача поздовжньої деформації. Недоліком такого пристрою є низька чутливість в зв'язку використанням у ньому поздовжньої деформації, а також невелика відстань передачі прискорення по оптичному каналу. Оптичний канал передачі, крім того, має низьку надійність в умовах сильних вібрацій, потребує точної орієнтації випромінювача і фотоприймача і непрацездатний при відсутності прямого бачення. Пристрій збудовано на надто застарілій технології обробки інформації про прискорення та громіздких функціональних елементах, що не дозволяють виконати його у компактному вигляді та зробити повністю автономним

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити акселерометр шляхом нового конструктивного вирішення чутливого елемента та нової технології обробки, накопичення і передачі інформації для створення акселерометра, як повністю автономного приладу з автономним джерелом живлення та дистанційним керуванням, що забезпечує підвищення його чутливості і точності

Поставлена задача виконується тим, що в акселерометрі, що містить корпус, перший п'єзоперетворювач та підсилювач, згідно винаходу новим є те, що в нього введено другий п'єзоелемент, обидва п'єзоелементи наклеєні на ідентичні диски,

(13) A

(11) 47957

(19) UA

які мають електричне з'єднання, причому перший диск через перший палець з'єднано з другим п'єзоелементом, а другий диск через другий палець з основою, яку наклеєно на магніт 1, крім того, пристрій оснащено інвертором, сигнальним процесором, флеш-пам'яттю програм, флеш-пам'яттю даних та радіомодемом з антеною, причому сигнальний вихід першого п'єзоелементу через інвертор з'єднано з першим входом підсилювача, сигнальний вихід другого п'єзоелементу з'єднано з другим входом підсилювача, а другий диск - з третім його входом, вихід підсилювача з'єднано з аналоговим входом сигнального процесора, перший і другий виходи якого з'єднано з керуючими входами відповідно інвертора і підсилювача, третій і четвертий виходи - відповідно зі входами флеш-пам'яті програм і флеш-пам'яті даних, а п'ятий - з входом радіомодему, вихід якого з'єднано з антеною.

Таке конструкторсько-технологічне вирішення акселерометра за рахунок використання згинної деформації дозволяє підвищити чутливість та точність приладу, а також відмовитися від дровових з'єднань акселерометра з системою вищого рівня, що підвищує завадостійкість та розширює його функціональні можливості, особливо в складних розгалужених системах вимірювання.

На кресленні зображено структурну схему акселерометра (див фіг.)

Пристрій складається з корпусу 1, в якому встановлено перший п'єзоперетворювач 2, який наклеєно на перший диск 3, другий п'єзоперетворювач 4, який наклеєно на другий диск 5. Перший диск 3 через перший палець 6 з'єднано з другим п'єзоелементом 4, а другий диск 5 через другий палець 7 - з основою 8, яка через магніт 9 кріпиться до поверхні 10, на якій вимірюється прискорення. Сигнальний вихід першого п'єзоелементу 2, через інвертор 11 з'єднано з першим входом підсилювача 12, а сигнальний вихід другого п'єзоелементу 4 та другий диск 5 - відповідно з другим та третім входами підсилювача 12. Вихід підсилювача 12 з'єднано з аналоговим входом сигнального процесора 13, перший і другий виходи якого підключено відповідно до керуючих входів інвертора 11 та підсилювача 12, а третій і четвертий виходи - відповідно до входів флеш-пам'яті програм 14 і флеш-пам'яті даних 15. П'ятий вихід процесора через радіомодем 16 з'єднано з антеною 17.

Конструктивно акселерометр виконано у вигляді автономного малогабаритного модуля, який завдяки структурі, що пропонується, може встановлюватися будь-якій точці системи, що потребує контролю або виміру прискорення, має двоспрямований зв'язок з системою вищого рівня. Акселерометр може запам'ятовувати в енергонезалежній пам'яті реалізації прискорень та їхні характеристики з часовою прив'язкою.

Пристрій, що пропонується, працює наступним чином. При коливанні поверхні 10 її прискорення через магніт 9, основу 8 та другий палець 7 передається на перший біморфний елемент, що складається з другого п'єзоелементу 4 та другого диска 5. Через перший палець 6 ці ж коливання передаються на другий біморфний елемент, що склада-

ється з першого п'єзоелементу 2 та першого диска 3. Електричні сигнали, що знімаються з кожного біморфного елементу, подаються на входи підсилювача 12, причому на перший його вхід сигнал подається через інвертор 11, за допомогою якого можна змінювати фазу сигналу на протилежну. Таким чином на виході підсилювача 12 залежно від сигналу на керуючому вході інвертора може бути або сума або різниця двох сигналів, що знімаються з п'єзоелементів. Це використовується для автоматичного калібрування акселерометра та контролю ідентичності чутливості обох біморфних елементів у часі. Підсилений сигнал з підсилювача 12 подається на аналоговий вхід сигнального процесора 13, який виконує попередню обробку, нормування та запам'ятовування реалізації у флеш-пам'яті даних 15. Крім того сигналом першого виходу сигнального процесора 13 здійснюється керування інвертором 11, а сигналом другого його виходу - керування підсиленням підсилювача 12. Остання ланка дозволяє реалізувати режим автоматичного калібрування акселерометра за чутливістю. Дані про прискорення з пам'яті сигнального процесора 13 передаються на вхід радіомодему 16, де модулюються і за допомогою антени 17 передаються на систему вищого рівня. Програмування акселерометра здійснюється з системи вищого рівня через антену 17, радіомодем 16 та процесор 13. Програма акселерометра зберігається у флеш-пам'яті програм 14. Підвищення чутливості акселерометра здійснюється за рахунок використання згинної деформації біморфного елементу та послідовного з'єднання пари ідентичних біморфних елементів. Згідно [4] відношення чутливості біморфного згинного елементу до чутливості п'єзоелементу з поздовжньою деформацією на частотах нижче резонансу описується виразом

$$\frac{\gamma_{+}}{\gamma_{-}} = \frac{3}{4} \frac{d_{31}}{d_{33}} \frac{a^2}{h^2}.$$

де  $d_{31}$  і  $d_{33}$  - поперечний і поздовжній п'єзомодулі,  $a$  - радіус п'єзоелементу,  $h$  - товщина.

Згідно розрахунків при  $a/h=10$  і  $d_{31}/d_{33} = 2$  чутливість згинного біморфного елементу в 37,5 рази вища ніж у аналогічного з поздовжньою деформацією.

Підвищення точності вимірювання прискорення досягається за рахунок того, що за допомогою введеного в акселерометр сигнального процесора виконується автоматичне калібрування акселерометра та порівняння чутливостей біморфних елементів у часі. Якщо чутливість одного з них помітно відрізняється від чутливості іншого сигнальний процесор 13 через радіомодем 16 передає повідомлення на систему вищого рівня.

Виключення з акселерометра дровових ліній зв'язку дозволяє повністю виключити електромагнітні завади та заваду частотою 50 Гц, які мають місце в традиційних акселерометрах.

Використання елементної бази передових фірм з мікроспоживанням дозволило створити малогабаритний акселерометр з автономним джерелом живлення, який можна розміщувати в будь-

якій точці виміру без використання дротового зв'язку. В якості сигнального процесора 13, флеш-пам'яті та радіомодему використано передову елементну базу фірми Texas Instruments, наприклад мікроконтролер MSP430, флеш-пам'ять AT450B1, радіоінтерфейс TRF6900. Використання новітньої технології Bluetooth, яка останнім часом стрімко розвивається дозволяє значно зменшити розміри радіомодему і створити акселерометр розмірами 30 x 40 мм.

Таким чином використання конструктивного вирішення і технології, що пропонується дозволяє створити акселерометр нового покоління, що характеризується підвищеною точністю і надійністю, автономністю, відсутністю дротових ліній зв'язку, гнучкістю програмного забезпечення та розшире-

ними функціональними можливостями.

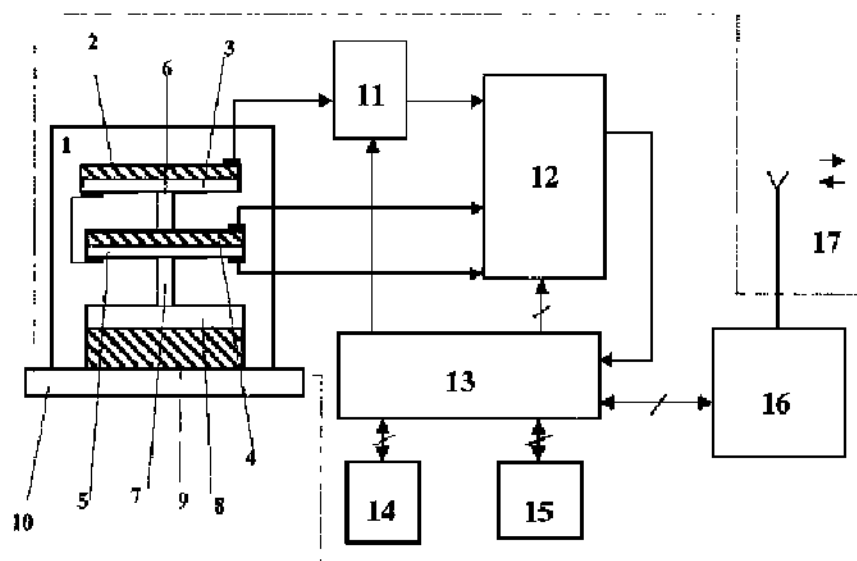
#### ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1 А с СССР №296037, МКИ G01P 15/08, 1971, БИ №8

2 Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара. Справочник. Под ред В В Ключева - М. Машиностроение, 1978 - 447 с

3 А с СССР №1612267, МКИ G01P 15/08, 1990, Открытия и изобретения №45

4 Е С Белоус, В С Горбенко, В Н Зуев, М И Карновский. Чувствительность дисковых биморфных звукоприемников в статическом режиме - Вестник Киевского политехнического института, серия "Радиотехника и электроакустика", 1972, вып 9 - с 77-80



Фиг

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71