



УКРАЇНА

(19) UA (11) 34316 (13) A

(51) 6 G01L1/16, G01P15/09

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) П'ЕЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

(21) 99063571

(22) 24.06.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Шарапов Валерій Михайлович, Лега Юрій Григорович, Мусієнко Максим Павлович, Сасенко Наталія Володимирівна

(73) Черкаський інженерно-технологічний інститут

(57) П'єзоелектричний перетворювач механічних величин, що містить п'єзоелемент з двома електродами, один з яких підключений до входу узго-

джувального підсилювача заряду, а другий - до загального проводу, який відрізняється тим, що перетворювач обладнаний підсилювачем напруги, вхід якого підключений паралельно входу підсилювача заряду, а п'єзоелемент обладнаний додатковим електродом, який підключений до виходу підсилювача напруги, причому добуток коефіцієнта перетворення  $K$  ланцюга прямого перетворення, охопленого зворотним зв'язком, на коефіцієнт перетворення в ланцюзі зворотного зв'язку  $\beta$  дорівнює одиниці, тобто  $K \cdot \beta = 1$ .

Винахід належить до вимірювальної техніки, зокрема, до п'єзоелектричних перетворювачів тиску, тисків і прискорень.

Відомий п'єзоелектричний перетворювач, що включає один або декілька п'єзоелементів, узгоджувальний підсилювач (див. Электрические измерения неэлектрических величин. Изд. 5-е. Л.: Энергия, 1975. - С.279-284, рис. 11-8, 11-9, 11-10, 11-11; а также - С.237, рис. 8-12).

Недоліком цього перетворювача є порівняно невисока точність виміру, яка обумовлена нестабільністю п'єзомодуля матеріалу п'єзоелемента під дією дестабілізуючих факторів.

Відомий також п'єзоелектричний перетворювач, що містить п'єзоелемент з двома електродами, один з яких підключений до входу узгоджувального підсилювача заряду, а другий - до загального проводу (див. Е.С.Левшина, П.В.Новицкий. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи). Учеб. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - С.113-121, рис. 6.6,б).

Як правило, ці перетворювачі містять також підставу, корпус, мембрану (для перетворювачів тиску мал. 6.5,а) або інерційну масу (для акселерометрів - мал. 6.7 того ж посилання). Проте ці ознаки в даному випадку не є суттєвими.

Як узгоджувальні підсилювачі використовують або підсилювачі напруги, або підсилювачі заряду (див. Е.С.Левшина, П.В.Новицкий, рис. 6.6,а, 6.6,б, 6.6,в, а также: Пьезоэлектрические акселерометры и преусилители. Справочник по теории и эксплуатации. - "Brüel & Kjer" 2850 Нэрум, Дания, 1987).

Недоліком цього перетворювача є порівняно невисока точність виміру, яка обумовлена нестабільністю п'єзомодуля матеріалу п'єзоелемента під дією дестабілізуючих факторів.

Вказаний перетворювач найбільш близький за технічною сутністю і обраний як прототип.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення п'єзоелектричного перетворювача механічних величин шляхом обладнання перетворювача підсилювачем напруги, вхід якого підключений паралельно входу підсилювача заряду, а також обладнання п'єзоелемента додатковим електродом, підключеним до виходу підсилювача напруги, причому добуток коефіцієнта перетворення  $K$  ланцюга прямого перетворення, охопленого зворотним зв'язком, на коефіцієнт перетворення в ланцюзі зворотного зв'язку  $\beta$  дорівнює одиниці, тобто  $K \cdot \beta = 1$ .

Це дозволяє підвищити точність виміру. Запропонований перетворювач містить п'єзоелемент з двома електродами, один з яких підключений до входу узгоджувального підсилювача заряду, а другий - до загального проводу.

Запропонований перетворювач відрізняється від прототипу тим, що перетворювач обладнаний підсилювачем напруги, вхід якого підключений паралельно входу підсилювача заряду, а п'єзоелемент обладнаний додатковим електродом, який підключений до виходу підсилювача напруги, причому добуток коефіцієнта перетворення  $K$  ланцюга прямого перетворення, охопленого зворотним зв'язком, на коефіцієнт перетворення в ланцюзі зворотного зв'язку  $\beta$  дорівнює одиниці, тобто  $K \cdot \beta = 1$ .

Кожна з вказаних відмінних ознак є необхідною, а всі разом - достатніми для досягнення технічного результату.

Технічним результатом даного винаходу є підвищення точності виміру механічних величин.

Саме таке виконання перетворювача забезпечує підвищення точності.

Винахід пояснюється кресленнями, де:

- на фіг. 1 показана електрична схема запропонованого перетворювача;

- на фіг. 2 показана структурна схема запропонованого п'єзоелектричного перетворювача.

Запропонований перетворювач складається з п'єзoeлемента 1 з електродами 2, 3, 4, узгоджувального підсилювача заряду 5 і підсилювача напруги 6. Вхід підсилювача заряду 5 з'єднується з електродом 2, а загальний провід - з електродом 3. Вхід підсилювача напруги 6 з'єднаний з електродом 2, вихід - з електродом 4, загальний провід - з електродом 3 п'єзoeлемента 1.

Перетворювач працює наступним чином.

Перетворювач, зображений на фіг. 1 являє собою замкнуту статичну стежущу систему з паралельним від'ємним зворотним зв'язком (див., наприклад, Островский Л.А. Основы общей теории электроизмерительных устройств, Л.: Энергия, 1971. - С.389-413).

Проте відмінність запропонованого пристрою від відомих полягає в тому, що зворотний зв'язок вводиться не по вхідному впливу (тобто по механічній величині), а по електричній напрузі, яка вводиться за допомогою додаткового електрода. Це можливе тільки тому, що вихідна напруга перетворювача залежить не тільки від механічної величини (прямий п'єзoeфект), але і від вхідної електричної напруги (зворотний п'єзoeфект).

Структурна схема цього пристрою показана на фіг. 2.

Тут, ланка  $k_1(p)$  відповідає перетворенню сили  $F$  у механічну напругу  $\sigma$ , ланка  $k_2(p)$  - перетворенню  $\sigma$  в електричний заряд  $Q$ . Ланка  $k_3(p)$  відповідає перетворенню заряду  $Q$  у вихідну напругу  $U_{\text{вих}}$  у зарядовому підсилювачі 5, ланка  $k_4(p)$  - перетворенню електричної напруги  $U_1$  на вході підсилювача 6 у напругу на виході  $U_2$ ,  $k_5(p)$  - перетворенню електричної напруги  $U_2$  у механічну напругу -  $\sigma$ .

Коефіцієнт передачі пристрою, зображеного на фіг. 1, при частотно-незалежному зворотному зв'язку:

$$k_{33} = k_1 \frac{k_2}{1 + k_2 k_4 k_5} \cdot k_3, \quad (1)$$

а відносної похибки:

$$\gamma_{33} = \gamma_{k1} + \gamma_{k3} + \gamma_{k2} \frac{1}{1 + k_2 k_4 k_5} - (\gamma_{k4} + \gamma_{k5}) \left( 1 - \frac{1}{1 + k_2 k_4 k_5} \right) \quad (2)$$

На практиці  $\gamma_{k1} \ll \gamma_{k2}$ ,  $\gamma_{k3} \ll \gamma_{k2}$ ,  $\gamma_{k4} \ll \gamma_{k2}$ , а  $\gamma_{k2} \approx \gamma_{k5}$ . При цих умовах вираз (2) спрощується до вигляду:

$$\gamma_{33} \approx \gamma_{k2} \frac{1}{1 + k_2 k_4 k_5} - \gamma_{k2} \left( 1 - \frac{1}{1 + k_2 k_4 k_5} \right) \quad (3)$$

Аналіз виразу (3) показує, що  $\gamma_{33} \rightarrow 0$  при  $k_2 k_4 k_5 = 1$  [9]. Тут  $K = k_2$ ;  $\beta = k_4 \cdot k_5$ .

Приклад конкретного застосування.

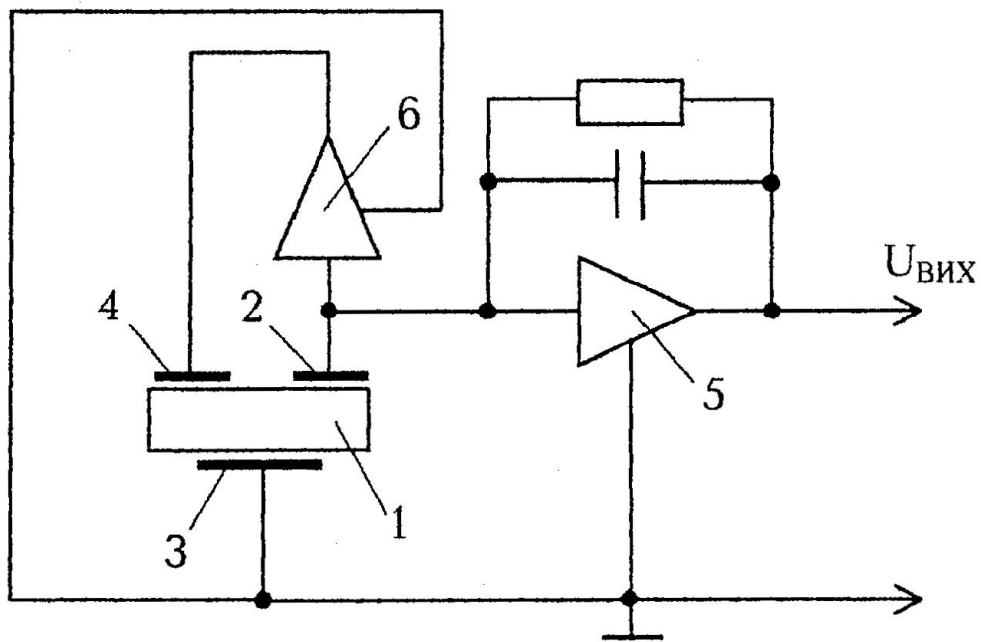
Був виготовлений п'єзoeлектричний перетворювач прискорення (акселерометр) з дисковим п'єзoeлементом діаметром 16 і товщиною 1 мм з п'єзокераміки ЦТС-23 з електродами на торцях диска. Додатковий електрод був виконаний шляхом поділу електрода на одному з торців диска на дві частини. Узгоджувальний підсилювач напруги був виконаний на двох транзисторах - КП201Е-1 і КТ315 з регульованим коефіцієнтом підсилення від 0 до 19. Вхідний опір підсилювача - 1,8 МОм.

Підсилювач заряду був зібраний на мікросхемі К140УД8.

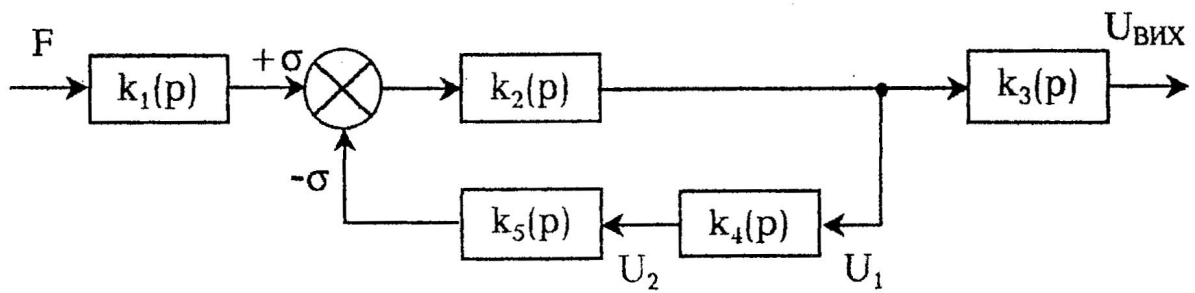
Перетворювач встановлювався на вібростенді 4805 фірми "Brüel & Kjer" і піддавався впливу вібрації на частоті 100 Гц з прискоренням 1 g. Потім перетворювач за допомогою спеціального нагрівача нагрівався до температури  $50 \pm 3^\circ\text{C}$ . Вимірювалася відносна похибка  $\delta$  при розімкненому ланцюзі зворотного зв'язку (прототип) і з від'ємним зворотним зв'язком при  $K\beta = 1$ . Результати вимірів:

- прототип:  $\delta = 11,3\%$ ;

- перетворювач, що пропонується, - 2,4%.



Фіг. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Ліси Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22