



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85528

(13) U

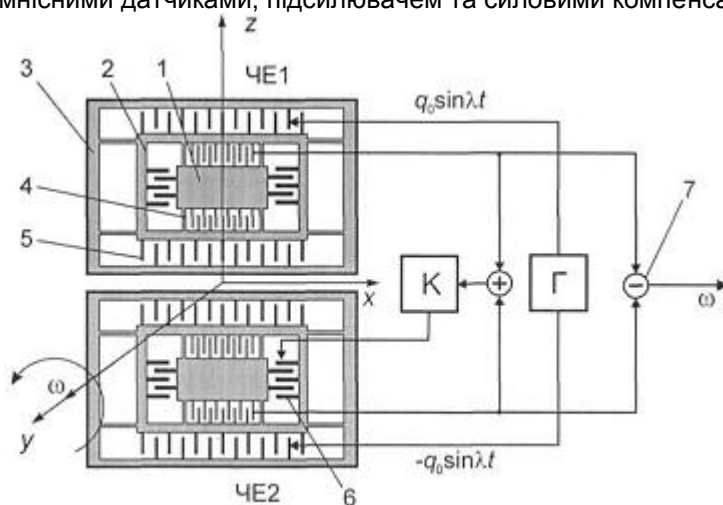
(51) МПК

G01B 7/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ****(21)** Номер заявки: **u 2013 05735****(22)** Дата подання заявки: **30.04.2013****(24)** Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.11.2013****(46)** Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.11.2013, Бюл.№ 22****(72)** Винахідник(и):**Бондар Павло Михайлович (UA),  
Лошкарьова Катерина Валеріївна (UA)****(73)** Власник(и):**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",  
пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)****(54) МІКРОМЕХАНІЧНИЙ ГІРОСКОП****(57)** Реферат:

Мікромеханічний гіроскоп містить два однакові чутливі елементи (ЧЕ), генератор, пристрої віднімання та додавання сигналів вторинних коливань. Додатково містить ланку зворотного зв'язку, створену ємнісними датчиками, підсилювачем та силовими компенсаторами.



Фиг.

UA 85528 U



Корисна модель належить до області навігаційної техніки, а саме до вимірювачів кутової швидкості, і може бути використана в системах орієнтації та навігації для рухомих об'єктів, підвищення точності та надійності систем позиціонування та навігації (GPS), для стабілізації рухомих систем автомобілів, літаків, роботів, антен і промислового обладнання, для введення даних у портативні комп'ютери (PDA) та багатьох інших галузях.

Найближчим аналогом є мікромеханічний гіроскоп ADXRS 150 фірми Analog Devices [US Patent 6505511. Date of Patent Jan. 14, 2003, Int. Cl. G01P 9/04], який характеризується тим, що в ньому використовуються два механічно незалежних резонатори для того, щоб реалізувати диференційний режим обробки вихідної інформації. Проте ця схема потребує максимальної ідентичності параметрів окремих вимірювачів. Якщо параметри первинних коливань можна вирівняти за допомогою систем фазового автопідстроювання частоти, то такі параметри як неоднаковість власних частот вторинних коливань суттєво впливають на точність вимірювань кутової швидкості рухомого об'єкту. Це є недоліком даної схеми.

В основу корисної моделі поставлено задачу зменшення інструментальних складових похибок вимірювань кутової швидкості шляхом введення додаткових елементів.

Поставлена задача вирішується тим, що в мікромеханічному гіроскопі, що містить два однакові чутливі елементи, генератор, пристрій віднімання та додавання сигналів вторинних коливань, новим є те, що додатково містить від'ємний зворотній зв'язок по сумі вихідних сигналів двох ЧЕ.

Корисна модель пояснюється кресленням.

На кресленні зображено мікромеханічний гіроскоп, що містить два однакових чутливих елементи ЧЕ1 та ЧЕ2. Кожен чутливий елемент складається з інерційної маси 1, рамки 2, основи 3, ємнісного датчика 4, системи збудження первинних коливань 5. Також на кресленні позначено:  $\vec{\omega}$  - вектор кутової швидкості,  $x, y, z$  - система координат зв'язана з об'єктом,  $q$  - сигнал збудження первинних коливань,  $\omega$  - вихідний сигнал кутової швидкості, система силової компенсації 6, пристрій віднімання вторинних коливань 7, пристрій додавання вторинних коливань 8.

Таким чином основними елементами запропонованої схеми є два механічно незалежних чутливих елементи (ЧЕ1 та ЧЕ2), системи збудження 5 яких живляться від одного генератора (Г) так, що вимушені коливання їх чутливих елементів здійснюються в протифазі з частотою  $\omega_0$ .

З метою зменшення інструментальних складових похибок застосований від'ємний зворотній зв'язок по сумі вихідних сигналів двох ЧЕ. Ланка зворотного зв'язку створена ємнісними датчиками 4, підсилювачем (К) та силовими компенсаторами 6 одного з чутливих елементів. Диференціальний вихід дозволяє спростити виділення сигналів про кутову швидкість, яка вимірюється шляхом вирахування вхідних сигналів вимірювачів.

Такий вимірювач описується системою рівнянь, яка має вигляд:

$$\begin{cases} (p^2 + 2h_{11}p + k_{11}^2 - U^2)x_1(p) + (2Up)z_1(p) = 0; \\ (p^2 + 2h_{12}p + k_{12}^2 - U^2)z_1(p) - (2dUp)x_1(p) = q(p); \\ (p^2 + 2h_{21}p + k_{21}^2 - U^2)x_2(p) + (2Up)z_2(p) = -k_{33}^2(x_1(p) + x_2(p)); \\ (p^2 + 2h_{22}p + k_{22}^2 - U^2)z_2(p) - (2dUp)x_2(p) = -q(p), \end{cases} \quad (1.1)$$

де  $h_{11}$ ,  $h_{12}$  та  $h_{21}$  і  $h_{22}$  - коефіцієнти демпфування, відповідні руху відповідного чутливого елемента в напрямку координат  $x_1$  і  $x_2$ ,  $k_{11}^2, k_{21}^2$  - парціальні частоти інерційної маси відповідного чутливого елемента,  $k_{12}^2, k_{22}^2$  - парціальні частоти рамки з інерційною масою відповідного чутливого елемента,  $U$  - кутова швидкість,  $d$  - безрозмірний коефіцієнт інерційної асиметрії,  $q(p)$  - узагальнене прискорення,  $k_{33}^2$  - коефіцієнт зворотного зв'язку.

Система рівнянь руху чутливого елемента розпадається на дві групи рівнянь. З врахуванням того, що параметри елементів можуть відрізнятися, прийmemo  $h_{21} = h_{22} = h_2$ ,  $h_{11} = h_{12} = h_1$ ,  $k_{12} = k_{22} = k_2$ ,  $k_{21} = k_{11} + \Delta k$ ,  $k_1^2 \gg U^2$ , проведемо деякі перетворення:

$$\begin{aligned} (p^2 + 2h_1p + k_{11}^2 + k_{33}^2)x_1(p) &= 2U(pz(p)), \\ k_{33}^2x_1(p) + [p^2 + 2h_1p + (k_{11} + \Delta k)^2 + k_{33}^2]x_2(p) &= -2U(pz(p)); \end{aligned}$$

де  $z(p) = z_1(p) = -z_2(p) = \frac{q(p)}{p^2 + 2h_2p + k_2^2}$  - розв'язки другого та четвертого рівнянь системи.

Оскільки нас цікавлять тільки вторинні коливання, розглянемо розв'язок першого та третього рівняння. Тоді рух ЧЕ1 по координаті  $x_1(p)$ :

$$x_1(p) = \frac{2U(pz(p))}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} \quad (1.2)$$

5

Рух ЧЕ1 по координаті  $x_2(p)$ :

$$x_2(p) = \frac{-2U(pz(p))(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2 + k_{33}^2)}{(p^2 + 2h_1p + (k_{11} + \Delta k)^2 + k_{33}^2)(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} = -x_1(p) + \Delta x(p), \quad (1.3)$$

$$\text{де } \Delta x(p) = \frac{2k_{11}U(pz(p))\Delta k}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2 + k_{33}^2)(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)}.$$

10

Різниця двох сигналів (1.2) і (1.3):

$$x_1(p) - x_2(p) = \frac{4U(pz(p))}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} + \frac{2k_{11}U(pz(p))\Delta k}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2 + k_{33}^2)(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)}.$$

Якщо забезпечити виконання нерівності  $k_{33}^2 \gg |p^2 + 2h_1p + k_{11}^2|$ , останній вираз можна спростити:

$$x_1(p) - x_2(p) = \frac{4U(pz(p))}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} + \frac{2U(pz(p))k_{11}\Delta k}{k_{33}^2(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)}. \quad (1.4)$$

15

Відносна похибка вимірювань, викликана неоднаковістю парціальних частот двох незалежних вимірювачів при застосуванні від'ємного зворотного зв'язку по сумі вихідних сигналів:

$$\delta x(p) = \frac{\Delta x(p)}{2x_1(p)} = \frac{1}{2} \frac{k_{11}^2}{k_{33}^2} \delta k, \quad (1.5)$$

20

$$\text{де } \delta k = \frac{\Delta k}{k_{11}}.$$

У разі відсутності загального зворотного зв'язку формула (1.4) набуває вигляду:

$$x_1(p) - x_2(p) = \frac{4U(pz(p))}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} + \frac{2U(pz(p))k_{11}\Delta k}{(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)^2}.$$

25

Тоді відносна похибка вимірювань, обумовлена неоднаковістю параметрів двох вимірювачів, в цьому випадку має вигляд:

$$\delta x(p) = \frac{k_{11}^2}{2(p^2 + 2h_1p + k_{11}^2)} \delta k. \quad (1.6)$$

Якщо порівняти формули (1.5) та (1.6), неважко переконатися, що відносна похибка вимірювань при наявності зворотного зв'язку є значно меншою без нього, оскільки  $k_{33}^2 \gg k_{11}^2$ .

30

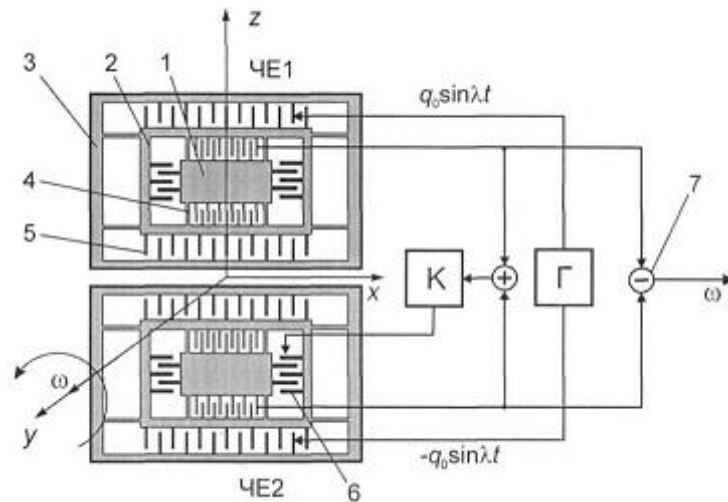
Таким чином на точність вимірювань суттєво впливає неоднаковість параметрів ММГ, параметрів систем збудження первинних коливань та лінійної вібрації основи з частотою збудження в напрямку первинних коливань. Введення комбінованого диференційного зворотного зв'язку по сумі вихідних сигналів двох ЧЕ дозволяє зменшити інструментальні складові похибок вимірювань кутової швидкості, викликані неідентичністю параметрів окремих

35

вимірювачів.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Мікромеханічний гіроскоп, що містить два однакові чутливі елементи (ЧЕ), генератор, пристрої віднімання та додавання сигналів вторинних коливань, який **відрізняється** тим, що додатково містить ланку зворотного зв'язку, створену ємнісними датчиками, підсилювачем та силовими компенсаторами.




---

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

---

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