



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **85316** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**G01C 19/00**

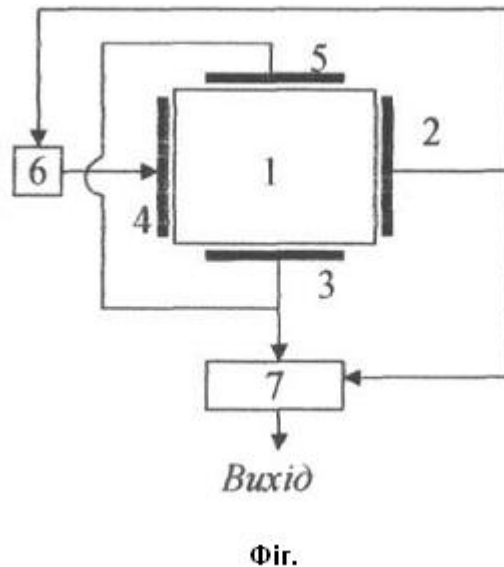
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 08114</b>	(72) Винахідник(и): <b>Чіковані Валерій Валеріанович (UA), Сущенко Ольга Андріївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>26.06.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Чіковані Валерій Валеріанович, вул. Тверський тупик, 9, кв. 26, м. Київ, 01042 (UA), Сущенко Ольга Андріївна, вул. Бальзака, 8-в, кв. 239, м. Київ, 02225 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.11.2013</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.11.2013, Бюл.№ 21</b>	

## (54) БАЛОЧНИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ГІРОСКОП ДЛЯ СИСТЕМ СТАБІЛІЗАЦІЇ

### (57) Реферат:

Балочний вібраційний гіроскоп містить балочний резонатор з електродами збудження і знімання інформації та блок збудження первинних коливань. Крім цього, в нього введений фазовий детектор, один вхід якого з'єднаний з електродом знімання первинних коливань, а інший вхід з'єднаний з електродами знімання вторинних коливань, а сигнал, пропорційний кутовій швидкості обертання, знімається з виходу фазового детектора.



UA 85316 U



Корисна модель належить до вимірювачів кутової швидкості і може бути використана в системах стабілізації платформ, розташованих на рухомих об'єктах, а також для виміру орієнтації рухомих об'єктів.

Відомі аналоги балочних вібраційних гіроскопів, патенти США №№ 5952573, 6777857, 7886598, 8297120. Найближчим аналогом є балочний гіроскоп, описаний у патенті США № 7886598 G01P 9/04 (Apl. No 11/499,958, Filed Aug. 7 2006). Цей пристрій характеризується тим, що реалізує режим обробки вихідного сигналу за допомогою пристроїв для віднімання та складання сигналів первинних та вторинних коливань при зміні фази первинних коливань на 180 градусів (реверс первинних коливань) і далі виділяється амплітуда резонансної частоти балки, що несе інформацію про кутову швидкість. Недоліком даного технічного рішення є те, що при зміні фази первинних коливань починається перехідний процес, який призводить до погіршень вимірювання кутової швидкості, а не одноразово віднімання сигналів призводить до збільшення шумів, в результаті чого ускладнюється обробка інформації і не покращується надійність приладу.

В основу корисної моделі поставлено задачу спрощення обробки інформації за рахунок вимірювання різності фаз первинних та вторинних коливань, яка також пропорційна кутовій швидкості, що спрощує обробку сигналів і перетворення їх у цифрову форму, зменшує вартість розробки та виробництва, а також покращує надійність.

Поставлена задача вирішується тим, що в балочному вібраційному гіроскопі, що містить балочний резонатор з електродами збудження та знімання сигналів та блока збудження первинних коливань вводиться фазовий детектор, один вхід якого з'єднаний з електродом знімання первинних коливань, а інший вхід з'єднаний з електродом знімання вторинних коливань, а сигнал, пропорційний кутовій швидкості обертання, знімається з виходу фазового детектора.

Корисна модель пояснюється кресленням, яке зображено на фігурі. Модель складається з балочного резонатора 1 з електродами 2, 3, 4, 5 збудження та знімання сигналів, блока 6 збудження, який задає первинні коливання заданій амплітуді та блока 7 фазового детектора. Модель працює наступним чином. Блок 6 збуджує коливання  $X(t)$  на резонансній частоті  $\omega_r$  балочного резонатора з амплітудою  $A_0$  (коливання зліва направо є первинні коливання) у вигляді наступного виразу:

$$X(t)A_0\cos(\omega_r t). \quad (1)$$

При появі кутової швидкості  $\Omega$  обертання навколо осі, паралельній повздовжній осі балки, виникає сила Коріоліса, яка викликає вторинні коливання  $Y(t)$  вдовж осі, яка перпендикулярна осі первинних коливань (вгору-вниз). Сигнал вторинних коливань, що знімається з електродів 3 і 5 несе інформацію про кутову швидкість обертання  $\Omega$  балки і може бути представлена наступним виразом:

$$Y(t) = K\Omega_0 \sin \omega_r t + A_q \cos \omega_r t = \sqrt{(K\Omega)^2 + A_q^2} \cos(\omega_r t - \varphi); \quad (2)$$

де  $A_q$  є амплітуда квадратурного сигналу,  $K$  є масштабний коефіцієнт гіроскопа.

Далі сигнал (2) подається на один з входів блока 7 фазового детектора, а на другий його вхід подається сигнал (1) первинних коливань. На виході блока 7 фазового детектора є сигнал різниці фаз  $\varphi$ :

$$\varphi = \arctg \frac{K\Omega}{A_q} \approx \frac{K}{A_q} \Omega, \quad \text{для } \Omega \ll 1, \quad (3)$$

який є пропорційний кутовій швидкості  $\Omega$  для малих  $\Omega$ .

Слід відзначити, що значення  $A_q$  завжди відмінно від нуля, бо характеризує погіршеності виготовлення резонатора (балки), яка не може бути ідеальною.

Масштабний коефіцієнт таких гіроскопів зазвичай є на рівні 0,01-0,02 В/(град/с), значення  $A_q$  приблизно на рівні 0,04-0,05 В, тобто у виразу (3)  $K/A_q \leq 0,5$ , отже рівність (3) виконується для малих  $\Omega$ . Наприклад, для  $\Omega \leq 0,2$  рад/с ( $\sim 11$  град/с) погіршеність вимірювання кутової швидкості  $\Delta\Omega$  буде рівна не лінійності функції  $\arctg(x)$  для малих  $x$ , тобто:

$$\Delta\Omega \leq \frac{1}{3} \left( \frac{K}{A_q} \Omega \right)^3 \leq \frac{1}{3} (0.1)^3 \approx 0.0003 \text{ рад/с} \approx 0.018 \text{ град/с}. \quad (4)$$

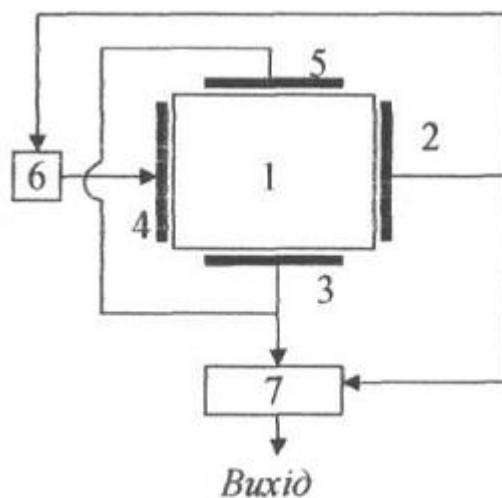
Так як в системі стабілізації діапазон кутових швидкостей є малий, тому що як тільки з'являється кутова швидкість система стабілізації компенсує її, повертаючи платформу в початкове положення, то умова максимальної кутової швидкості не більш 11 град/с виконується для більшості систем стабілізації, а максимальна погіршеність виміру кутової швидкості не більш 0,018 град/с є також вповні достатньою для систем стабілізації. Для систем стабілізації високої

точності максимальна кутова швидкість не більш ніж 1 град/с, тоді точність виміру кутової швидкості по виразу (4) є не більш ніж  $1,3 \times 10^{-5}$  град/с ( $\sim 0,05$  град./год.).

Таким чином, поставлена задача вирішена: спрощена обробка інформації вторинного сигналу, інформація про кутову швидкість є фазова і може бути введена до комп'ютера (процесора) без використання цифро-аналогового перетворювача, що здешевлює і полегшує розробку і виготовлення гіроскопа і збільшує його надійність за рахунок зменшення кількості електронних компонент. Додатково, дане технічне рішення зменшує шуми на величину шумів цифро-аналогового перетворювача.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Балочний вібраційний гіроскоп, що містить балочний резонатор з електродами збудження і знімання інформації та блок збудження первинних коливань, який **відрізняється** тим, що в нього введений фазовий детектор, один вхід якого з'єднаний з електродом знімання первинних коливань, а інший вхід з'єднаний з електродами знімання вторинних коливань, а сигнал, пропорційний кутовій швидкості обертання, знімається з виходу фазового детектора.



Фиг.