



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17732 (13) U
(51) МПК (2006)
G01C 19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ГІРОСКОПІЧНИЙ КОМПАС

1

2

(21) u200603551

(22) 03.04.2006

(24) 16.10.2006

(46) 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р.

(72) Гордін Олександр Григорович, Ревенко Світлана Анатоліївна

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) 1. Гіроскопічний компас, що містить гіросферу, всередині якої встановлено два гіроблоки зі взаємно ортогональними векторами кінетичних моментів, осі роторів яких є горизонтальними, а осі їх кожухів розміщені вертикально, причому гіроблоки можуть обертатися відносно гіросфери та зв'язані між собою за допомогою антипаралелограма, середня ланка якого зв'язана з внутрішньою поверхнею гіросфери за допомогою двох пружних елементів, який **відрізняється** тим, що як пружні елементи використані струнні розтяжки, які знаходяться у магнітному полі постійного магніту і включені по диференційній схемі та закріплені одним кінцем на ланці антипаралелограма, зв'язаний з віссю підвісу гіроблока, а іншим кінцем закріплені на гіросфері.

2. Гіроскопічний компас за п. 1, який **відрізняється** тим, що пружні елементи являють собою дві

пари струнних пружних розтяжок, розміщених на паралельних між собою прямих на певній відстані від осей підвісів гіроблоків.

3. Гіроскопічний компас за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що в схему компаса введена система обробки інформації, яка включає чотири ідентичних канали, кожний з яких складається з пружної розтяжки, автогенератора, блока узгодження, пристрою керування перетворювачем, перетворювача кількості імпульсів у код, генератора заповнюючих імпульсів та вихідного буферного регістра, причому вихід автогенератора, який включає до свого складу струнну пружну розтяжку як чутливий елемент, з'єднаний зі входом блока узгодження, послідовно зв'язаного з пристроєм керування, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра з'єднаний з вихідним портом мікроконтролера, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код зв'язаний з виходом генератора заповнюючих імпульсів, а вихід вихідного буферного регістра з'єднаний з відповідним портом мікроконтролера.

Корисна модель належить до навігаційного машинобудування та систем навігації рухомих об'єктів.

Відомий гіроскопічний компас, який містить гіросферу, всередині якої встановлено два гіроблоки зі взаємно ортогональними векторами кінетичних моментів, осі роторів яких є горизонтальними, а осі їх кожухів розміщені вертикально, причому гіроблоки можуть обертатися відносно гіросфери та зв'язані між собою за допомогою антипаралелограма, середня ланка якого пов'язана з внутрішньою поверхнею гіросфери за допомогою двох пружних елементів (Ройтенберг Я.Н. Гіроскопы. - М.: Наука., 1975. - с.82-90), який вибраний в якості прототипу.

Недоліком цього гіроскопічного компасу є його мала точність через відносно великий кут повороту гіроблоків відносно нейтрального положення, завдяки чому проекція вектора кутової швидкості корпусу гірокомпаса, розташованого на поверхні Землі, на вісь чутливості гіроблока має похибку, а також через складність зняття інформації про невеликі кути повороту та незручність перетворення кута в електричний сигнал.

Задачею корисної моделі є підвищення точності вимірювань за рахунок двох факторів: по-перше, завдяки суттєвому зменшенню кута повороту гіроблока; по-друге, завдяки збитковості, оскільки з'являється можливість усереднення вимірювань.

UA (11) 17732 (13) U

Рішення поставленої задачі досягається тим, що в гіроскопічний компас, який містить гіросферу, всередині якої встановлено два гіроблоки зі взаємно ортогональними векторами кінетичних моментів, осі роторів яких є горизонтальними, а осі їх кожухів розміщені вертикально, причому гіроблоки можуть обертатися відносно гіросфери та зв'язані між собою за допомогою антипаралелограма, середня ланка якого пов'язана з внутрішньою поверхнею гіросфери за допомогою двох пружних елементів, згідно з корисною моделлю введено струнні розтяжки в якості пружних елементів, які знаходяться у магнітному полі постійного магніту і включені по диференційній схемі та закріплені одним кінцем на ланці антипаралелограма, пов'язаній з віссю підвісу гіроблока, а іншим кінцем закріплені на гіросфері.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що у відповідності з корисною моделлю введено пружні елементи, що представляють собою дві пари струнних пружних розтяжок, розміщених на паралельних між собою прямих на певній відстані від осей підвісів гіроблоків.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що в схему компаса введена система обробки інформації, яка включає чотири ідентичних канали, кожний з яких складається з пружної розтяжки, автогенератора, блока узгодження, пристрою керування перетворювачем, перетворювача кількості імпульсів у код, генератора заповнюючих імпульсів та вихідного буферного регістру, причому вихід автогенератора, який включає до свого складу струнну пружну розтяжку як чутливий елемент, з'єднаний зі входом блока узгодження, послідовно зв'язаного з пристроєм керування, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра з'єднаний з вихідним портом мікроконтролера, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код зв'язаний з виходом генератора заповнюючих імпульсів, а вихід вихідного буферного регістра з'єднаний з відповідним портом мікроконтролера.

На фіг. 1 зображена блок-схема запропонованого гіроскопічного компаса. На фіг. 2 зображена система обробки інформації, введена в схему компаса. На фіг. 3 зображені графіки перетворення кута повороту в кількість імпульсів.

Гіроскопічний компас містить: гіросферу 1, всередині якої встановлено два гіроблоки 2 та 3 зі взаємно ортогональними векторами кінетичних моментів \vec{H}_1 та \vec{H}_2 , всередині яких з великою швидкістю обертаються ротори, осі яких є горизонтальними, а осі підвісу їх кожухів розміщені вертикально, причому гіроблоки можуть обертатися відносно гіросфери та зв'язані між собою у точках 4, 5 за допомогою антипаралелограма 6, середня ланка якого пов'язана з внутрішньою поверхнею гіросфери за допомогою пружних елементів, в якості яких використані дві пари струнних розтяжок, що складаються зі струн 7, 8 та 9, 10, закріп-

лених одним кінцем за допомогою вузлів кріплення 11, 12 та 13, 14 до гіросфери, а іншим кінцем - до ланок 15, 16 антипаралелограма за допомогою точок закріплення 17, 18 розташованих у полі постійних магнітів 19, 20 та 21, 22.

Система обробки інформації включає чотири ідентичних канали, кожний з яких складається з пружної розтяжки 7, закріпленої одним кінцем за допомогою вузла кріплення 11, а іншим за допомогою точки закріплення 17, розташованої у полі постійного магніту 19, автогенератора 23, блока узгодження 24, пристрою керування перетворювачем 25, перетворювача кількості імпульсів у код 26, генератора заповнюючих імпульсів 27 та вихідного буферного регістру 28, причому вихід автогенератора 23, який включає до свого складу струнну пружну розтяжку 7, 8, або 9, 10 як чутливий елемент, з'єднаний зі входом блока узгодження 24, послідовно зв'язаного з пристроєм керування 25, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код 26, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра 28, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код 26, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра 28 з'єднаний з вихідним портом мікроконтролера 29, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код 26 зв'язаний з виходом генератора заповнюючих імпульсів 27, а вихід вихідного буферного регістра 28 з'єднаний з відповідним портом мікроконтролера 30. Завдяки цьому інформація з гіроскопічного компаса надходить до мікроконтролера у дискретній формі, за допомогою якого можливо виділяти інформацію про кут азимуту.

На першому графіці представлена залежність $S_{AF}=f(t)$, тобто вихідний сигнал з автогенератора 23, що змінюється за гармонічним законом, другий графік виражає залежність $S_{ПКП}=f(t)$, тобто вихідний сигнал з пристрою керування перетворювачем 25, графік $S_{ГЗІ}=f(t)$ описує вихідний сигнал генератора заповнюючих імпульсів 27, останній графік представляє залежність $S_{Л}=f(t)$, тобто сигнал з лічильника до буферного регістру 28.

Гіроскопічний компас працює таким чином. При відхиленні осі гіроскопа від напрямку на північ струнні розтяжки створюють відновлюючий момент, який прагне утримати вісь гіроскопа в початковому положенні. При цьому обидва гіроскопи відхиляються на однаковий незначний кут у протилежних напрямках. Таким чином з'являється гіроскопічний момент, що прагне сумістити вісь гіроскопів з проекцією вектора кутової швидкості Землі на горизонтальну площину в точці розташування гірокомпаса, обумовлений обертанням Землі та наявністю зв'язку з нею гіроскопів.

Завдяки механізму антипаралелограма, до якого закріплені струнні розтяжки, гіроскопи мають змогу відхилятися лише на однаковий кут у протилежних напрямках. Саме цей кут відхилення двох ступеневих гіроскопів має вплив на кількість імпульсів на виході. Завдяки кутовій швидкості ω виникає гіроскопічний момент $M_{Г}$:

$$M_{Г}=H_j\omega \cos(A)\cos \beta \quad (j=1,2), \quad (1)$$

де H_i - кінетичний момент одного з гіроскопів;
 ω - проекція вектора кутової швидкості добового обертання Землі на горизонтальну площину;

A - кут азимута, тобто кут відхилення бісектриси між векторами кінетичних моментів гіроскопів від площини меридіану;

β - кут відхилення гіроблоків навколо сталого напрямку у процесі вимірювання кутової швидкості при наявності проекції кутової швидкості на вісь чутливості гіроблоку.

Таким чином, вхідний вплив (кутова швидкість) спричиняє появу гіроскопічного моменту. Оскільки в реальності кут β незначний, то можемо приблизно прийняти $\cos(\beta) \approx 1$. Зазвичай кінетичні моменти постійні у часі та однакові, тому можна прийняти, що $H_1 = H_2 = H$. Тоді рівняння (1) запишеться у вигляді:

$$M_r = H \omega \cos(A). \quad (2)$$

З урахуванням усіх виникаючих моментів, викликаних кутовою швидкістю, можна записати:

$$J\ddot{\beta} + k_1\dot{\beta} + k_2\beta = H\omega \cos(A) \quad (3)$$

де J - момент інерції рухомої частини відносно осі підвісу;

$\ddot{\beta}$ - кутове прискорення;

$\dot{\beta}$ - кутова швидкість;

k_1 - коефіцієнт демпфування;

k_2 - коефіцієнт жорсткості струнних розтяжок.

Через наявність струнних розтяжок перехідний процес є дуже високочастотним та згасаючим. Оскільки процес швидко згасає, то немає потреби розглядати його динамічну складову, відповідно залишиться лише коефіцієнт, що визначаються параметрами струнних розтяжок k_2 . У такому випадку вираз набуде вигляду:

$$k_2\beta = H \omega \cos(A) = M_r. \quad (4)$$

Вдодовж осі струни діє сила:

$$\Delta F = \frac{M_r}{r}, \quad (5)$$

де r - відстань від осі струнних розтяжок до осі прецесії гіроблока. Окрім гіроскопічного моменту, також виникає момент на ланках антипаралелограму $M_{\text{лан}}$, рівний йому за величиною та незалежний від відстані, на якій він знаходиться від точки закріплення:

$$M_{\text{лан}} = M_r = \Delta F r. \quad (6)$$

При наявності кутової швидкості відбувається зміна сили натягу: в одній струні він збільшується, в другій - зменшується на таку ж величину, і різниця між їх натягами визначається як:

$$(F_1 + \Delta F) - (F_2 + \Delta F) = 2\Delta F, \quad (7)$$

де F_1 та F_2 - початковий натяг (осьові сили) першої та другої пар струнних розтяжок відповідно.

Знаходячись у постійному магнітному полі, струна починає виконувати поперечні коливання в площині, перпендикулярній напрямку магнітних силових ліній постійних магнітів. Необхідно врахувати, що $m_i = m$ та $l_i = l$ ($i=1, 2, 3, 4$). Частоти власних поперечних коливань струн f_i ($i=1, 2, 3, 4$) пов'язані з натягом наступними співвідношеннями:

$$f_i^2 = \frac{F_i}{4ml} \quad (i=1, 2, 3, 4), \quad (8)$$

де m - маса струнної пружної розтяжки;

l - довжина струнної пружної розтяжки;

F_i - загальний натяг струни, що складається з початкового натягу F_0 та змінного натягу ΔF_i :

$$F_i = F_0 + \Delta F_i \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (9)$$

Різниця частот для однієї пари струн запишеться:

$$f_1^2 - f_2^2 = (f_1 + f_2)(f_1 - f_2) = \frac{F_1 + \Delta F}{4ml} - \frac{F_2 + \Delta F}{4ml} = \frac{\Delta F}{2ml} = \frac{H\omega}{2mlr}$$

. (10)

Це говорить про те, що, знаючи суму частот та підтримуючи її постійною, можна визначати таким чином різницю частот у будь-який час. Також частоту струни можна визначити як:

$$f_i = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho}} \quad (i=1, 2, 3, 4)$$

де $n=l$ - номер гармоніки коливань струни;

σ_i - механічна напруга струни;

ρ - щільність матеріалу струни.

Напругу можна визначити за виразом:

$$\sigma_i = \frac{F_i}{S} \quad (i=1, 2, 3, 4), \quad (12)$$

де S - площа поперечного перетину струни.

Тоді залежність (11) запишеться:

$$f_i = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F_i}{\rho S}} = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{F_i}{ml}} \quad (i=1, 2, 3, 4) \quad (13)$$

Кількість імпульсів n_i генератора заповнюючих імпульсів $f_{\text{ГЗІ}}$ можна записати за допомогою виразу:

$$n = f_{\text{ГЗІ}} \frac{T_i}{2} \quad (i=1, 2, 3, 4), \quad (14)$$

де $\frac{T_i}{2}$ - півперіод гармоніки.

Знаючи, що період та частота пов'язані оберненою пропорцією, запишемо співвідношення (14) у вигляді:

$$n_i = f_{\text{ГЗІ}} \frac{1}{2f_i} \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (15)$$

Пам'ятаючи, що $n=1$, підставимо вирази (4) та (5) у співвідношення (13):

$$f_i = \sqrt{\frac{F_i}{4ml}} = \sqrt{\frac{M_r}{4mlr}} \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (16)$$

Силу натягу F_i можна представити як:

$$F_i = F_0 \pm \Delta F_i = F_0 \pm \frac{M_r}{r} \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (17)$$

З урахуванням виразу (17) рівняння (16) запишеться:

$$f_i = \sqrt{\frac{F_0 \pm \frac{M_r}{r}}{4mlr}} = \sqrt{\frac{F_0 \pm \frac{H\omega \cos(A)}{r}}{4mlr}} = \frac{1}{2r} \sqrt{\frac{rF_0 H\omega \cos(A)}{ml}}$$

($i=1, 2, 3, 4$). (18)

Таким чином, частота залежить від кутової швидкості, що можна описати залежністю:

$$f_i = f_i(\omega) \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (19)$$

Із виразу (15) запишемо співвідношення для частоти генератора заповнюючих імпульсів:

$$f_{\text{ГЗІ}} = n_i 2f_i \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (20)$$

Тобто частота генератора заповнюючих імпульсів набагато більша за частоту f_i . На практиці чим більшою буде частота генератора заповнюючих імпульсів, тим краще з точки зору точності.

Перепишемо співвідношення (15) з урахуванням виразу (18):

$$\eta_i = \frac{f_{r3i}}{2 \frac{1}{2r} \sqrt{\frac{rF_0 \pm H\omega \cos(A)}{ml}}} = \frac{rf_{r3i}}{\sqrt{\frac{rF_0 \pm H\omega \cos(A)}{ml}}} \quad (i=1, 2, 3, 4). \quad (21)$$

Вищенаведені математичні викладки представляють залежність кількості імпульсів за півперіоду коливань автогенератора від кута відхилення гіроскопів (кута азимута A).

Таким чином, у наведеній корисній моделі зменшено кут повороту роторів гіроскопів, що обумовлює зменшення методичної похибки. Окрім того, завдяки використанню подібної системи, яка створює протидіючий момент та дозволяє отримати цифровий код параметра, що вимірюється, отже, можна також використовувати дистанційну передачу інформації.

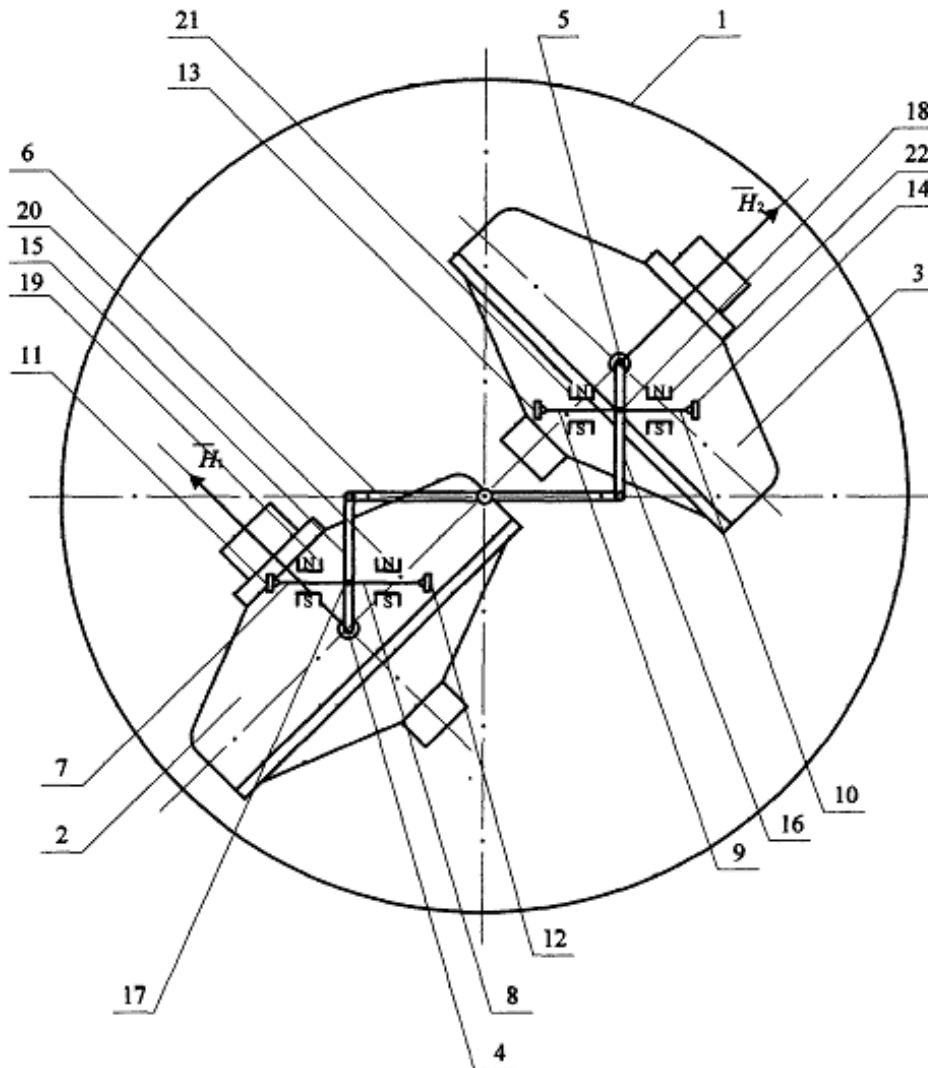


Fig. 1

