



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45152 (13) U
(51) МПК (2009)
G01P 3/26МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЧ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

1

(21) u200905528

(22) 01.06.2009

(24) 26.10.2009

(46) 26.10.2009, Бюл.№ 20, 2009 р.

(72) ГОРДІН ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, КУШТА
МАРІЯ МИКОЛАЇВНА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕР-
СИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ
АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"(57) Вимірювач кутових швидкостей, що містить
сферичну камеру, зрізану площинами, які паралел-
ьні площинам, що утворені осями системи коор-
динат OXYZ, виконану герметичною і повністю
заповнену діелектричною рідиною як носієм кіне-
тичного моменту, електромагнітний пристрій, який
розміщено під кутом 45° до площин XOY та YOZ,
систему перетворення інформації зі збудниками

2

коливань, який відрізняється тим, що камера з
рідиною за допомогою дванадцяти гідравлічних
магістралей, які закріплені в її торцях нерухомо і
містять гідроциліндри та пружні сильфони, з'єдна-
на з системою перетворення інформації, яка роз-
міщена за межами камери і об'єднує шість елеме-
нтів, кожний з яких містить дві струнні пружні
розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на
центральному вузлі закріплення, другими - на не-
рухомих вузлах закріплення, при цьому кожна
струнна пружна розтяжка знаходиться у полі збуд-
ника коливань, а рухомий вузол закріплення з'єд-
наний з рухомою рамою за допомогою пружних
елементів, розташованих симетрично відносно
поздовжньої осі рухомої рами, нерухомі вузли за-
кріплення струнних пружних розтяжок з'єднані з
нерухомою рамою, закріпленою в корпусі.

Корисна модель відноситься до області при-
ладобудування і вимірювальної техніки і може бу-
ти використана у вимірювальних і інформаційно-
командних комплексах систем управління рухоми-
ми об'єктами для отримання інформації про куту
швидкість об'єкту відносно трьох осей у просторі.

Відомий вимірювач кутових швидкостей [А.с.
СРСР №904444, МПК G01P3/26, 1980], що містить
камери, які не сполучаються одна з одною, вико-
нані герметичними і повністю заповнені діелектрич-
ною рідиною з густиною, рівною густині рідкого
носія кінетичного моменту, електромагнітний при-
стрій, пристрої знімання інформації зі збудниками
коливань, пружні стрічкові розтяжки диференціал-
ьних перетворювачів поміщені в жорсткі, нерухо-
мі, герметичні, вакуумовані капсули з круглими
мембранами за допомогою жорсткої тяги, нерухо-
мо закріпленої в центрах пружних елементів, які
нерухомо встановлені в горцях капсул.

До недоліків даного вимірювача треба віднес-
ти: відсутність вимірювання кутової швидкості по
третьої осі, конструктивну складність датчика в ці-
лому з урахуванням пружних стрічкових перетво-
рювачів, та при необхідності обмеження габаритів
вимірювача, як наслідок - малі інерційна маса,

чутливість та великий поріг чутливості приладу в
цілому.

В якості прототипа обраний вимірювач кутових
швидкостей [Патент України на корисну модель
№13043: Вимірювач кутових швидкостей. МПК
(2006) G01P3/26. Автори: О.Г. Гордін, О.О. Андро-
нова], який містить сферичну камеру, зрізану пло-
щинами, які паралельні площинам, що утворені
осями системи координат OXYZ, виконану герме-
тичною і повністю заповнену діелектричною рідин-
ною, електромагнітний пристрій, який розміщено
під кутом 45° до площин XOY та YOZ, пристрої
перетворення інформації зі збудниками коливань.

Недоліком цього вимірювача є необхідність
використання порівняно невеликих розмірів каме-
ри з діелектричною рідиною як носієм кінетичного
моменту, що призводить до зниження точності та
чутливості вимірювача кутових швидкостей в ці-
лому та підвищенню його порогу чутливості, а роз-
ташування пристроїв перетворення інформації
всередині камери з діелектричною рідиною у жор-
стких, нерухомих, герметичних, вакуумованих ка-
псулах обумовлює значне ускладнення конструкції
вимірювача та вплив умов в середині камери на
роботу струнних пружних розтяжок.

(19) UA (11) 45152 (13) U

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення чутливості та точності, а також зниження порогу чутливості та спрощення конструкції вимірювача кутових швидкостей.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірювач кутових швидкостей, який містить сферичну камеру, зрізану площинами, що паралельні площинам, які утворені осями системи координат OXYZ, виконану герметичною і повністю заповнену діелектричною рідиною як носієм кінетичного моменту, електромагнітний пристрій, який розміщено під кутом 45° до площин XOY та YOZ, систему перетворення інформації зі збудниками коливань, згідно з корисною моделлю, камера з рідиною за допомогою дванадцяти гідравлічних магістралей, які закріплені в її торцях нерухомо і містять гідроциліндри та пружні сильфони, з'єднана з системою перетворення інформації, яка розміщена за межами камери і об'єднує шість елементів, кожний з яких містить дві струнні пружні розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на центральному вузлі закріплення, другими - на нерухомих вузлах закріплення, при цьому кожна струнна пружна розтяжка знаходиться у полі збудника коливань, а рухомий вузол закріплення з'єднаний з рухомою рамою за допомогою пружних елементів, розташованих симетрично відносно поздовжньої осі рухомої рами, нерухомі нерухомі вузли закріплення струнних пружних розтяжок з'єднані з нерухомою рамою, закріпленою в корпусі.

На Фіг.1 зображена спрощена конструктивно-компонувальна схема пристрою; на Фіг.2 - схема камери з носієм кінетичного моменту та збудником електромагнітного поля; на Фіг.3 - схема струнного перетворювача інформації.

Вимірювач кутових швидкостей складається з сферичної камери 1, зрізаної площинами, які паралельні площинам, що утворені осями системи координат OXYZ, виконаної герметичною і повністю заповненої діелектричною рідиною 2, електромагнітного пристрою 3, який розміщено під кутом 45° до площин XOY та YOZ, гідравлічних магістралей 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, що з'єднують сферичну камеру 1 з діелектричною рідиною 2 зі струнними пружними розтяжками перетворювачів інформації 16, 17, 18, 19, 20, 21 зі збудниками коливань через перший 22 і другий 23 гідроциліндри з сильфонами 24, 25 в торцях, кожний з яких зв'язаний через жорсткий шток 26 і 27 відповідно з рухомою рамою 28. В середині рухомої рами 28 розміщений перетворювач, до складу якого входять дві струнні пружні розтяжки 29 і 30, закріплені одними своїми кінцями на рухомому центральному вузлі закріплення 31, а другими кінцями - на нерухомих вузлах закріплення 32 і 33, розташованих на нерухомій рамі 34. Кожна зі струнних пружних розтяжок 29 і 30 знаходиться у полі збудника коливань (постійного магніту) 35 і 36 відповідно. Рухомий центральний вузол закріплення 31 з'єднаний з рухомою рамою 28 за допомогою пружних елементів 37, 38, 39, 40, розташованих симетрично відносно поздовжньої осі рухомої рами 28.

Струнні пружні розтяжки 29 і 30 у початковому стані (у статичному режимі) мають певне початкове натягнення, при цьому власні частоти попере-

чних коливань обох розтяжок у полі магнітів 35 і 36 співпадають.

Вимірювач кутових швидкостей працює наступним чином.

Розглянемо процеси, які відбуваються у вимірювачі, за допомогою однієї виділеної точки Р з масою m_p . Положення цієї точки в системі координат OXYZ описується радіусом-вектором \vec{r}_p .

Діелектрична рідина 2 з точкою Р обертається навколо осі, обумовленої вектором \vec{H} кінетичного моменту електромагнітного пристрою 3 з кутовою швидкістю $\vec{\Omega}$.

Вимірювач в цілому і сферична камера 1 обертаються у просторі разом з об'єктом з кутовою швидкістю $\vec{\omega}$. Для точки, яка розглядається, можна записати лінійну швидкість:

$$\vec{V}_p = \vec{\Omega} \times \vec{r}_p. \quad (1)$$

При наявності двох типів руху точки Р виникає коріолісове прискорення

$$\vec{W}_{cor} = 2\vec{\omega} \times \vec{V}_p, \quad (2)$$

завдяки чому виникає коріолісова сила

$$F_{cor} = 2m_p \vec{\omega} \times \vec{V}_p, \quad (3)$$

яка залежить від кутової швидкості обертання рідини з точкою.

При розміщенні вузлів стиковки сферичної камери 1 і гідравлічних магістралей 4-15, як показано на Фіг.1, на входах гідравлічних магістралей однієї пари виникають тиски рідини з різними знаками, обумовлені дією коріолісової сили:

$$\Delta p_1 = F_{cor} / S_1 = -2m_p \left| \vec{\omega} \times \vec{V}_p \right| / S_1, \quad (4)$$

$$\Delta p_2 = -F_{cor} / S_2 = -2m_p \left| \vec{\omega} \times \vec{V}_p \right| / S_2,$$

де S_1, S_2 - площі поперечного перетину входів гідравлічних магістралей.

При цьому змінюється тиск рідини в гідравлічних магістралях однієї пари і на виході кожної з них, а також на входах відповідних гідроциліндрів тиск буде рівним.

Сили, з якими сильфони діють на пружні елементи, визначається такими залежностями:

$$F_3 = \Delta p_1 \cdot S_3 = -2m_p S_3 \left| \vec{\omega} \times \vec{V}_p \right|, \quad (5)$$

$$F_4 = \Delta p_2 \cdot S_4 = 2m_p S_4 \left| \vec{\omega} \times \vec{V}_p \right|,$$

де S_3, S_4 - площі поперечного перетину сильфонів.

Ці зусилля за допомогою пружних елементів прикладені до рухомої рами перетворювача та до вузлів закріплення струнних пружних розтяжок. Сили F_3 та F_4 мають різні знаки, тому частоти коливань струн різні: для однієї з них частота зростає, для другої зменшується. Оскільки $m_p, S_1, S_2, S_3, S_4, \vec{V}_p$ - постійні параметри, частоти коливань

струнних пружних розтяжок залежать від кутової швидкості обертання камери $\bar{\omega}$.

Узагальнюючи процеси, які описані, можна отримати відповідні аналітичні залежності для всієї рідини в камері.

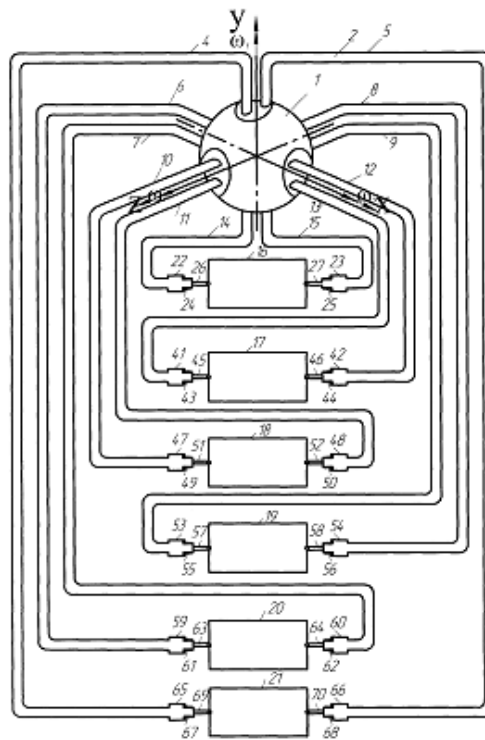
Інші струнні пружні перетворювачі працюють аналогічно.

Таким чином, використання у вимірювачі кутових швидкостей камери з рідиною за допомогою дванадцяти гідравлічних магістралей, які закріплені в її горцях нерухомо і містять гідроциліндри та пружні сильфони, з'єднаної з системою перетворення інформації, яка розміщена за межами камери і об'єднує шість елементів, кожний з яких містить дві струнні пружні розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на центральному вузлі закріплення, другими - на нерухомих вузлах закріп-

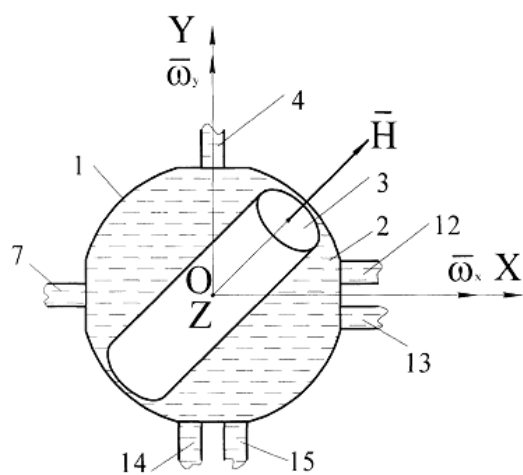
лення, при цьому кожна струнна пружна розтяжка знаходиться у полі збудника коливань, а рухомий вузол закріплення з'єднаний з рухомою рамою за допомогою пружних елементів, розташованих симетрично відносно поздовжньої осі рухомої рами, нерухомі вузли закріплення струнних пружних розтяжок з'єднані з нерухою рамою, закріпленою в корпусі дозволяє досягти наступного позитивного результату:

1. Підвищення чутливості та точності, зниження порогу чутливості вимірювача кутових швидкостей.

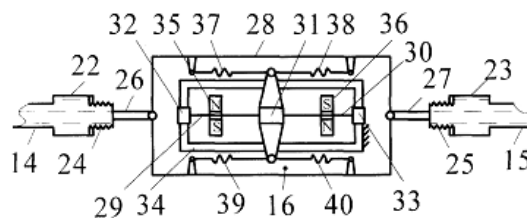
2. Спрощення конструкції вимірювача, можливість широкого вибору габаритів та розміщення камери з рідиною як інерційного масою у відповідному місці рухомого об'єкта, ніяк не зв'язаному з прецизійними перетворювачами інформації.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3