



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55300

(13) A

(51) 7 G01P9/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) ТРИКОМПОНЕНТНИЙ ВИМІРЮВАЧ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

1

2

(21) 2002108478

(22) 24 10 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. №3, 2003р

(72) Кулік Анатолій Степанович, Субота Анатолій Максимович, Бандура Іван Миколайович, Симонов Володимир Федорович

(73) Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

(57) Трикомпонентний вимірювач кутової швидко-

сті, що містить обчислювач та три однокомпонентні проסקопічні датчики, який відрізняється тим, що виходи трьох датчиків з'єднані з обчислювачем, а осі чутливості, осі кінетичного моменту та вихідні осі цих датчиків зорієнтовані на рухомому об'єкті так, щоб у вказаній послідовності вище перелічені осі співпадали послідовно з відповідними осями зв'язаної з об'єктом ортогональної системи координат при їх обході в напрямку проти годинникової стрілки

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, зокрема, до вимірювачів кутових швидкостей об'єктів, що рухаються

Відомий блок датчиків кутових швидкостей (ДКШ), який складається з трьох незалежних датчиків кутових швидкостей, що використовують проסקопи з двома ступенями свободи. Вимірювальна вісь кожного датчика паралельна відповідній координатній осі об'єкта, а вихідні осі усіх датчиків розташовані в одній площині [1]

Недоліком даного блока є наявність похибок із-за впливу перехресних кутових швидкостей, обумовлених розташуванням вихідних осей в одній площині. Покажемо це на прикладі одного з каналів, наприклад, каналу вимірювання за допомогою датчика кутової швидкості курсу. Для даного каналу рівняння, що описує положення чутливого елемента (ЧЕ) в стислому режимі, має вигляд

$$K_n \beta = H \omega_{y1} \cos \beta - H \omega_{z1} \sin \beta \quad (1)$$

де K_n - коефіцієнт пружності, β - кут повороту чутливого елемента, H - кінетичний момент, ω_{y1} , ω_{z1} - складові кутові швидкості по курсу і тангажу, відповідно

Для реально використовуваних ДКШ кут повороту ЧЕ не перевищує 2,5 - 5 градус. Отже, з високим ступенем точності можна прийняти

$$\cos \beta = 1, \sin \beta = \beta$$

Тоді рівняння (1) може бути записано у вигляді

$$K_n \beta = H \omega_{y1} - H \omega_{z1} \beta \quad (2)$$

звідки

$$\beta = \frac{h \omega_{y1}}{1 + h \omega_{z1}} = h^* \omega_{y1}$$

де $h = \frac{H}{K_n}$ - чутливість ДКШ без впливу перехресної кутової швидкості ω_{z1}

$$h^* = \frac{h}{1 + h \omega_{z1}} \text{ - чутливість ДКШ з урахуванням}$$

впливу перехресної кутової швидкості ω_{z1}

Аналогічно вплив перехресних кутових швидкостей на величину чутливості ДКШ виявляється по інших каналах

Відомий трьохкомпонентний вимірювач кутової швидкості, що містить три однокомпонентних проסקопічних датчики кутової швидкості та обчислювач, що виробляє коректуючі сигнали та обчислює величину кожної складової вектора кутової швидкості [2]

Описаний в [2] вимірювач передбачає наявність платформи, що підтримує в визначеному положенні в інерціальному просторі, на який встановлюється необхідний набір вимірювачів параметрів руху

Недоліками такого вимірювача є великі масогабаритні показники та енергоспоживання

Відомий найбільш близький (з досягаємою точністю) та вибраний в якості прототипу трьохкомпонентний вимірювач кутової швидкості, що використовує обчислювач та однокомпонентні датчики

(13) A

(11) 55300

(19) UA

кутової швидкості, який для компенсації впливу на вихідний сигнал кутового прискорення або перехресної кутової швидкості по кожному каналу містить додаткові однокомпонентні датчики кутових швидкостей [3]

Недоліками цього вимірювача є підвищені масо-габаритні характеристики та знижена надійність із-за наявності великої кількості додаткових елементів

В основу винаходу поставлено вирішення задачі визначення трьохкомпонентним вимірювачем з високою точністю кутової швидкості по будь-якому з каналів шляхом вилучення впливу перехресних кутових швидкостей без використання додаткових датчиків кутових швидкостей, що забезпечує зменшення масо-габаритних характеристик та підвищення надійності вимірювача

Поставлена задача вирішується тим, що в трьохкомпонентному вимірювачі кутової швидкості, що містить обчислювач та три однокомпонентних прискорюючих датчика в відповідності з винаходом вісь чутливості, вісь кінетичного моменту \vec{H} та вихідна вісь (вісь повороту рухомого вузла) кожного з трьох одноосових датчиків кутової швидкості орієнтовані на рухомому об'єкті так, щоб в зазначеній послідовності перелічені вище осі співпадали послідовно з відповідними осями зв'язаної з об'єктом ортогональної системи координат $OX_1Y_1Z_1$ при їх обході в напрямку проти годинникової стрілки

Схема розміщення приладових осей кожного з датчиків $OX_iY_iZ_i$ ($i = 1, 2, 3$) по відношенню до осей зв'язаної з об'єктом системи координат $OX_1Y_1Z_1$ наведена на кресленні

Трьохкомпонентний вимірювач містить перший ДКШ 1, другий ДКШ 2, третій ДКШ 3, виходи яких з'єднані з обчислювачем 4. Технічний результат досягається за рахунок такого розміщення приладових осей датчиків по відношенню до осей зв'язаної з об'єктом системи координат, при якому вилучається вплив перехресних кутових швидкостей без використання додаткових датчиків

Так, наприклад, якщо необхідно виміряти складову кутової швидкості ω_{y1} , то вісь чутливості датчика розташовується паралельно осі Y_1 , вісь кінетичного моменту \vec{H} - паралельно осі Z_1 , а вихідна вісь - паралельно осі X_1

Аналогічно розташовуються осі датчиків для вимірювання складових кутових швидкостей ω_{x1} та ω_{z1}

При такому розташуванні датчиків кутових швидкостей система рівнянь, що описує їх динаміку, може бути записана у вигляді

$$\begin{aligned} I_1\ddot{\varphi} + K_{d1}\dot{\varphi} + K_{п1}\varphi &= H_1\omega_{x1} \cos \varphi - H_1\omega_{y1} \sin \varphi \\ I_2\ddot{\beta} + K_{d2}\dot{\beta} + K_{п2}\beta &= H_2\omega_{y1} \cos \beta - H_2\omega_{z1} \sin \beta \\ I_3\ddot{\gamma} + K_{d3}\dot{\gamma} + K_{п3}\gamma &= H_3\omega_{z1} \cos \gamma - H_3\omega_{x1} \sin \gamma \end{aligned} \quad (3)$$

де I_i - моменти інерції прискорювачів,
 φ, β, γ - кути повороту ЧЕ першого, другого,

третього ДКШ відповідно,

K_{di} - коефіцієнти демпфування,

K_{pi} - коефіцієнти пружності,

H_i - кінетичні моменти,

$\omega_{x1}, \omega_{y1}, \omega_{z1}$ - проекції кутової швидкості на осі

OX_1, OY_1, OZ_1 відповідно

Якщо величина частоти власних коливань рухомих вузлів прискорювачів ω_0 рівна 8 - 10 величинам частот вимушених коливань об'єкта ω , а ступінь згасання $\xi \approx 0,707$, то коефіцієнт динамічної сприйнятливості

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + 4\xi^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \approx 1$$

і амплітуда відхилення рухомого вузла датчика кутової швидкості в динамічному режимі з високим ступенем точності співпадає з амплітудою в статичному режимі

$$A_d = A_{ст}\lambda = A_{ст}$$

Таким чином, динамічними похибками можна знехтувати і в подальшому систему рівнянь (3) можна розглядати для статичного режиму

$$\begin{aligned} K_{п1}\varphi &= H_1\omega_{x1} \cos \varphi - H_1\omega_{y1} \sin \varphi \\ K_{п2}\beta &= H_2\omega_{y1} \cos \beta - H_2\omega_{z1} \sin \beta \\ K_{п3}\gamma &= H_3\omega_{z1} \cos \gamma - H_3\omega_{x1} \sin \gamma \end{aligned} \quad (4)$$

Оскільки кути поворотів φ, β, γ не перевищують 2,5 - 5град, можна покласти $\cos \varphi = \cos \beta = \cos \gamma = 1$, $\sin \varphi = \varphi$, $\sin \beta = \beta$, $\sin \gamma = \gamma$

Оберемо три ідентичні прилади та введемо позначення

$$K_{п1} = K_{п2} = K_{п3} = K_{п} - \text{коефіцієнт пружності,}$$

$$H_1 = H_2 = H_3 = H - \text{кінетичний момент,}$$

$$h_1 = \frac{H}{K_{п}} - \text{чутливість рухомого вузла (прискорювача)}$$

як чутливого елемента, що реагує на кутову швидкість),

$$h_2 = \frac{U_{ж}}{2\beta_0} - \text{чутливість вихідного перетворювача}$$

ча потенціометричного типу,

$U_{ж}$ - напруга джерела живлення,

$2\beta_0$ - розмах потенціометра,

U_x, U_y, U_z - вихідні сигнали датчиків, що знімаються з відповідних перетворювачів

Після вирішення системи рівнянь (4) відносно невідомих $\omega_{x1}, \omega_{y1}, \omega_{z1}$ через вихідні сигнали датчиків отримаємо

$$\begin{aligned} \omega_{x1} &= \frac{h_2^2 U_x + h_2 U_x U_y + U_x U_y U_z}{h_1(h_2^3 - U_x U_y U_z)} \\ \omega_{y1} &= \frac{h_2^2 U_y + h_2 U_y U_z + U_x U_y U_z}{h_1(h_2^3 - U_x U_y U_z)} \\ \omega_{z1} &= \frac{h_2^2 U_z + h_2 U_z U_x + U_x U_y U_z}{h_1(h_2^3 - U_x U_y U_z)} \end{aligned} \quad (5)$$

Таким чином, проекції кутової швидкості на кожну вісь визначаються за вихідними сигналами усіх датчиків, що виключає вплив перехресних кутових швидкостей

Обчислення значень ω_{x1}, ω_{y1} та ω_{z1} відповідно виразами (5) виконується за допомогою бортового обчислювача

Джерела інформації

1 Автопілот АП-28 Техническое описание - Москва Машиностроение, 1973, С. 46, рис 67

2 Геренштейн И. А., Шульман И. А. Инерци-

альные навигационные системы. - Москва: Машиностроение, 1970, С. 72 - 81.

3. А. С. СРСР №6342/2, М.кл.². G01P9/02, 1978.

