

*Безвесільна О. М., д-р. техн. наук, проф. кафедри,
Морозов А. В., канд. техн. наук, доцент,
Ткачук А. Г., канд. техн. наук, доцент,
Мельниченко Н., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Державний університет «Житомирська Політехніка»*

ТРИКООРДИНАТНИЙ ЧУТЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Завданням безпілотного літального апарату (БПЛА) є вимірювання прискорення сили тяжіння ПСТ g . До складу БПЛА входить система управління (СУ). Складовою частиною СУ є новий трикоординатний чутливий елемент (ЧЕ).

Актуальною є задача підвищення точності вимірювань g БПЛА або навігаційного комплексу (НК). Однак, подальше підвищення точності НК можливе лише за рахунок підвищення точності ЧЕ СУ. Новий ЧЕ НК - трикоординатний п'єзоелектричний чутливий елемент (ТПГ) -, який має більш високу точність ($1 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$) від інших.

Підвищення точності вимірювання у ТПГ забезпечується за рахунок того, що по кожній осі вимірювання O_z , O_x і O_y ПСТ встановлено чутливий елемент A_z , A_x , A_y , виконаний з двома каналами, у кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу, що є ідентичними. Інерційні маси прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів другого каналу. П'єзоелемент першого каналу кожного чутливого елемента працює на основі деформації розтягу, а п'єзоелемент другого каналу – на основі деформації стиснення. П'єзопластини усіх чутливих елементів мають частоту власних коливань, яка дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу ПСТ та сигналу основної завади вертикального прискорення БПЛА. Вихідні електричні сигнали п'єзопластин обох каналів усіх чутливих елементів надходять на входи операційних підсилювачів, що, окрім підсилення виконують і функцію сумування сигналів, звідки передають сумарні сигнали на входи блоку управління (БЦОМ).

У БЦОМ будуть проводитись необхідні розрахунки для визначення значення повного вектора \vec{g} та модуля $|g|$ ПСТ. Отже, завдяки використанню трьох чутливих елементів A_z , A_x , A_y можна вимірювати повний вектор ПСТ \vec{g} : $\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z$, а не лише одну його складову g_z , як в однокомпонентному ЧЕ. ТПГ забезпечує вимірювання повного модуля ПСТ, а не однієї його складової, як в однокомпонентному ЧЕ: $|g| = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$.

Також відбувається усунення впливу вертикального прискорення БПЛА на покази ТПГ одразу двома способами: 1 – за рахунок встановлення частоти власних коливань трьох п'єзоелементів ЧЕ A_z , A_x , A_y , рівними частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу ПСТ та сигналу основної завади вертикального прискорення БПЛА; 2 – завдяки використанню у трьох п'єзоелементів A_z , A_x , A_y додатково введеного каналу вимірювання. Таким чином, запропонований трикоординатний ЧЕ НК забезпечує суттєве підвищення точності вимірювання ПСТ.

Принцип дії трикоординатного ЧЕ пояснюється на рис.1, де зображено його структурну схему. У трикоординатному ЧЕ, що пропонується, по кожній осі вимірювання встановлено чутливий елемент, виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу 1 і 2 по осі O_z , 3 і 4 по осі O_x , 5 і 6 по осі O_y .

П'єзоелементи обох каналів є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, частота власних коливань яких дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу ПСТ та сигналу основної завади вертикального прискорення БПЛА. Інерційні маси 7, 8 та 9 прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів 1, 3 та 5 одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів 2, 4 та 6 другого каналу. Виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів з'єднані з входами операційних підсилювачів 10, 11 і 12, виходи яких з'єднані із входами БЦОМ 13.

Трикоординатний чутливий елемент НК працює наступним чином.

На п'єзоелементи обох каналів трьох чутливих елементів A_z , A_x , A_y , які розташовано по осях O_z , O_x та O_y діють компоненти ПСТ g_z , g_x та g_y відповідно. Також на кожен вісь вимірювання діє вертикальне прискорення літака та інструментальні похибки від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища.

Якщо використовувати для трьох двоканальних п'єзоелементів A_z , A_x , A_y , то отримаємо на входах БЦОМ 13 три сигнали, які містять подвоєні значення $2g_z$, $2g_x$ та $2g_y$, в яких відсутнє значення вертикального прискорення БПЛА та інструментальних похибок від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища.

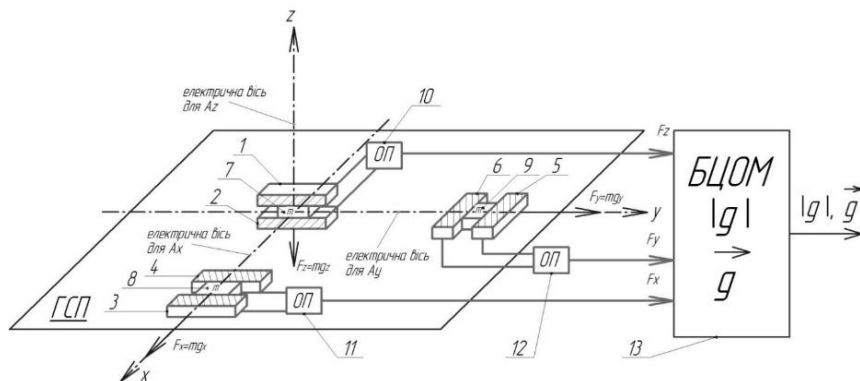


Рис.1. Принципова схема нового трикоординатного п'єзоелектричного чутливого елемента СУ БПЛА

Ці сигнали сумуються та підсилюються в операційних підсилювачах ОП10, ОП11, ОП12 і подаються у БЦОМ13, де відбувається визначення:

- повного вектора прискорення сили тяжіння: $\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z$;
- повного модуля прискорення сили тяжіння:

$$|g| = \sqrt{(2kmg_x)^2 + (2kmg_y)^2 + (2kmg_z)^2} = 2km\sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}, \quad (1)$$

де m – інерційні маси 7,8,9 у кожному п'єзоелементі;

k – п'єзоелектрична стала, яка є однаковою для всіх п'єзоелементів через їх ідентичність.

Отже, на виході БЦОМ 13 буде значення повного вектору та повного модуля ПСТ, у якому відсутній вплив вертикального прискорення БПЛА та інструментальних похибок від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища. Тому точність трикоординатного п'єзоелектричного чутливого елемента НК БПЛА буде вищою за точність відомого однокомпонентного п'єзоелектричного ЧЕ.