

імпульсною характеристикою (КІХ) оскільки такий фільтр вносить надто велике запізнення у контур стабілізації у порівнянні з фільтром з безкінечною імпульсною характеристикою (БІХ), що значно погіршує стійкість замкненого контуру стабілізації.

Ключові слова: гіростабілізатор, мікромеханічний гіроскоп, датчик кутової швидкості

УДК 531.383

РЕДУКОВАНИЙ СПОСТЕРЕЖУВАЧ ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ ГІРОТЕОДОЛІТУ В ГІРОСТАБІЛІЗОВАНІЙ ПЛОЩИНІ

¹⁾Боярчук А.О., ²⁾Мураховський С.А.

¹⁾Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», Київ, Україна,

²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: s.murakhovsky@kpi.ua

Перші спроби впровадження гіроскопічних засобів наземного орієнтування були здійснені ще на початку ХХ ст., проте вони виявились невдалими внаслідок недостатнього технологічного рівня того часу. Впродовж другої половини століття гіроскопічні засоби наземного орієнтування вдосконалювались з метою покращення їх експлуатаційних характеристик, перш за все підвищення точності визначення азимуту та зменшення часу, необхідного для вимірювання.

Сучасні досягнення мікропроцесорної техніки та цифрової електроніки дозволили значно зменшити масо-габаритні параметри гіротеодолітів (ГТ). При цьому точність визначення азимутів такими приладами досягає 10-15 кутових секунд. Проте відомо, що значний негативний вплив на характеристики гіротеодолітів мають лінійні поступальні вібрації основи. В декількох останніх роботах було запропоновано шляхи зменшення впливу вібрації на точність ГТ за допомогою методів алгоритмічної компенсації вібраційної похибки.

В даній роботі запропоновано синтез редукованого спостережувача для оцінки параметрів руху чутливого елемента ГТ, а також розглянуто можливості забезпечення інваріантності спостережувача до зовнішніх збурень.

Математична модель руху ЧЕ гіротеодоліта в гіростабілізованій площині YOZ може бути представлена у вигляді [6]:

$$\begin{cases} J_z \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} + H \omega_3 \cos \varphi_g \alpha + C_\alpha \alpha = M_K \\ (J_x + m l^2) \ddot{\beta} + m g l \beta - H \dot{\alpha} + m l \ddot{y} = 0 \\ m l \ddot{\beta} + m \ddot{y} + C_y y = 0 \end{cases},$$

де α, β – кути повороту чутливого елемента відносно корпусу приладу; y – зміщення точки підвісу чутливого елемента відносно корпусу приладу в напрямку осі Y ; M_K – компенсаційний момент, який формується системою керування; J_x, J_z – осьові моменти інерції чутливого елемента; H – кінетичний момент гіроскопа; m – маса чутливого елемента; l – зміщення центру мас ЧЕ відносно точки підвісу; ω_3 – кутова швидкість обертання Землі; φ_g – географічна широта місця установки приладу; C_α – кутова жорсткість підвісу відносно осі Z ; C_y – лінійна жорсткість підвісу відносно осі Y .

Матриці стану та передачі збурень, що відповідають вищезазначеній системі рівнянь мають вигляд:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{k_\alpha}{J_z} & 0 & 0 & -\frac{H}{J_z} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{H}{J_x} & -\frac{mgl}{J_x} & 0 & \frac{C_y l}{J_x} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -\frac{Hl}{J_x} & \frac{mgl^2}{J_x} & 0 & -\frac{C_y}{m} - \frac{C_y l^2}{J_x} & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \frac{J_z}{J_x} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Будемо вважати, що вимірюються дві змінні стану – кут повороту α та кутова швидкість $\dot{\alpha}$ чутливого елемента ГТ в азимуті, тоді матриця вимірювання:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Відповідно, матриці стану та передачі збурень можна розбити на блоки:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_1 \\ \mathbf{B}_2 \end{bmatrix}.$$

Тоді рівняння спостережувача можна представити у вигляді:

$$\dot{\hat{\mathbf{X}}}_H = (\mathbf{A}_{22} - \mathbf{L}\mathbf{A}_{12})\hat{\mathbf{X}}_H + \mathbf{L}(\dot{\mathbf{Y}} - \mathbf{A}_{11}\mathbf{Y} - \mathbf{B}_1\mathbf{U}) + \mathbf{A}_{21}\mathbf{Y} + \mathbf{B}_2\mathbf{U}$$

де $\mathbf{L} = [l_1 \ l_2 \ l_3 \ l_4]^T$ – матриця коефіцієнтів спостережувача, яку необхідно визначити виходячи з умов стійкості та інваріантності до зовнішніх збурень.

На основі отриманої математичної моделі було проведено моделювання динаміки роботи редукованого спостережувача при наявності зовнішніх поступальних вібраційних збурень. Результати моделювання показали, що розроблений спостережувач забезпечує визначення оцінок параметрів руху чутливого елемента ГТ, які не піддаються прямому вимірюванню. При цьому також мінімізується похибка оцінювання, що виникає внаслідок зовнішніх вібраційних збурень.

В подальших дослідженнях планується побудова системи керування рухом ЧЕ в азимуті, яка не піддається впливу вібраційних збурень, наприклад на основі H_∞ - критерію.

Ключові слова: гіротеодолит, спостережувач, вібраційна похибка.

УДК 681.518.22

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОМЕХАНІЧНИХ ДАТЧИКІВ

Заморський О.В.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: zax2020@ukr.net

Одновісні, двовісні і трьохвісні стенди з обертовою платформою є основним технологічним обладнанням при дослідженні, калібруванні і випробовуванні гіроскопів і акселерометрів та інерціальних систем навігації на їх основі. Точні чутливі елементи і системи випробовуються на прецизійних стендах достатньо високої вартості. Стандартні характеристики таких стендів: статичні параметри – стабільність кутової швидкості 0,001% в діапазоні $\pm 3000^\circ/\text{с}$ з дискретністю завдання швидкості 0,001 $^\circ/\text{с}$, похибка кутового позиціонування менше 15"; динамічний параметр – максимальне прискорення 40 $^\circ/\text{с}^2$ без навантаження на платформу; механічний параметр – биття менше 15". Такі характеристики забезпечує «бюджетна» одновісна обертова платформа серії AC1120S фірми Acutronic. Діаметр платформи AC1120S – 250 мм, навантаження – до 20 кг.

В вітчизняних учбових лабораторіях використовуються одновісні обертові платформи типу МПУ-1 і інші. Всі ці стенди є електромеханічними з розімкнутою схемою керування приводним двигуном і з механічною редукторною схемою передачі. В МПУ обертання приводного валу синхронного гістерезисного двигуна Г-31А (число обертів 3000 об/хв, крутний момент 1,275 мН·м) передається на вал платформи через муфту, черв'ячний редуктор (передатне відношення 150:1) і фрикційний варіатор (передатне відношення від 0,8:1 до 4000:1). Таким чином, забезпечується діапазон кутових швидкостей платформи від 0,03 $^\circ/\text{с}$ до 150 $^\circ/\text{с}$. Статичні характеристики платформи в діапазоні змінюються нерівномірно, похибки зростають при зменшенні частоти обертів – нестабільність кутової швидкості від 1% до 2%, різниця між кутовими швидкостями при реверсі від 1% до 1,5%, похибки встановлення кутової швидкості ручним способом по лімбу від 2% до 5%. Особливістю фрикційного варіатора МПУ є зростання інтенсивності зношення його елементів при малих обертах платформи. Завдання і визначення кутових позицій і динамічних параметрів платформи не забезпечуються. Визначення кутової позиції можливо