

О.П. Кривоносенко доцент, к.т.н. (Національний авіаційний університет)

В.А. Савранський (Національний авіаційний університет)

Д.П. Євтушенко (Національний авіаційний університет)

Метод синтезу оптимальної системи стабілізації гелікоптера з вантажним підвісом

Вирішується задача синтезу оптимальної структури системи стабілізації суттєво нестійких об'єктів на прикладі сумісної стабілізації у просторі вертольота з вантажем на підвісі при стохастичних зовнішніх впливах за допомогою нового алгоритму мінімізації скоригованого функціоналу якості.

Ключові слова: синтез оптимальної структури, гелікоптер, система стабілізації, нестійкий об'єкт, функціонал якості, стохастичні впливи

В даний час такий літальний апарат як гелікоптер практично незамінний при виконанні багатьох відповідальних польотних завдань, а саме - бойової підтримки, різних будівельно-монтажних та ремонтно-відновлювальних робіт, моніторингу місцевості, локалізації наслідків промислового забруднення навколишнього середовища, рятувальних операцій та ін. При виконанні цих завдань потрібна "жорстка" стабілізація центру мас вертольота (або його вантажу) на заданій траєкторії польоту, а також "жорстка" стабілізація кутового положення (орієнтації) вертольота (або його вантажу) щодо центру мас (заданої точки у просторі).

На сучасних етапах створення та експлуатації рухомих об'єктів різного призначення, зокрема вертольотів з вантажними підвісами, враховують, що рух зазначених об'єктів відбувається у складних динамічних умовах. На них безперервно впливає ряд зовнішніх факторів, що збурюють рух, і які, як правило, носять стохастичний характер та призводять до стохастичних відхилень центру мас літального апарату від траєкторії руху, наприклад [1].

Визначальною особливістю сучасних постановок задач синтезу високоточних систем стабілізації є обов'язкове врахування таких об'єктивних моментів, як: наявність у динаміці об'єкта як стійких так і нестійких або немінімально-фазових ланок, випадковий характер завад системи вимірювань, недостовірне знання характеру змін в динаміці об'єкта та збурень у конкретних режимах руху чи у процесі довготривалої експлуатації рухомих комплексів, стохастичний характер зовнішніх та внутрішніх збурюючих факторів. Відомо ефективні спектральні методи та алгоритми синтезу оптимальних структур систем стохастичної стабілізації багатовимірних об'єктів з довільною динамікою. Проте при синтезі високоточних систем стабілізації складних об'єктів, яким є, наприклад, вертоліт з вантажною підвіскою у різних конфігураціях, нечітке знання моделей в різних експлуатаційних ситуаціях може вплинути на результати синтезу.

Вважається, що рух початкового об'єкта стабілізації (рис.1) можливо описати [1] системою звичайних диференціальних лінійних рівнянь, які перетворені за Фур'є і мають вид

$$P_1 x = M_1 \delta + \psi_1 = M_1 \delta + \Psi_1 \Delta, \quad (1)$$

де P_1 і M_1 -- матриці розмірів $n \times n$ та $n \times m$ відповідно, усі елементи яких є поліномами аргументу $s = j\omega$; $x - n$ -- вимірний вектор вихідних реакцій об'єкта стабілізації, який являє собою n -вимірний стаціонарний випадковий процес; $\delta - m$ -

вимірний вектор сигналів керування, що являє собою m -вимірний стаціонарний випадковий процес; ψ_1 -- неконтрольований вектор збурень, що також являє собою n -вимірний стаціонарний випадковий процес.

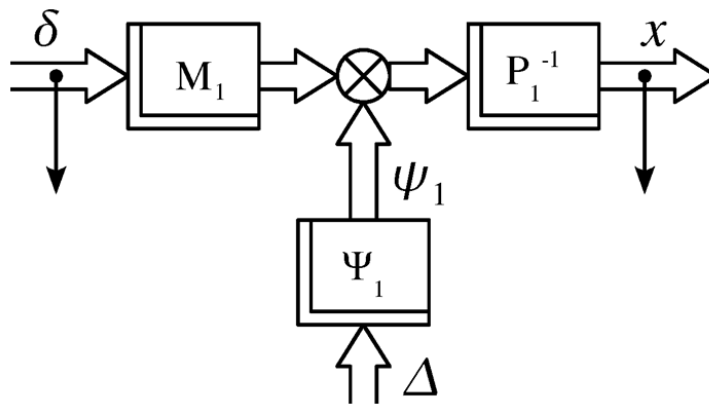


Рис.1. Структурна схема початкового об'єкта стабілізації

При виконанні багатьох відповідальних робіт особливий інтерес викликає задача «жорсткої» одночасної стабілізації у просторі як самого вертольота, так і одночасно деякої характерної точки його вантажної підвіски, коли таку динамічну систему можна уявити у вигляді подвійного маятника.

Тому особливу зацікавленість заслуговує задача одночасної стабілізації у просторі як самого вертольота, так і деякої характерної точки його вантажної підвіски. Для вирішення цього завдання додатково введено блочну матрицю передаточних функцій Φ_0 , що перетворює вектор реакцій вертольота x у вектор вихідних координат об'єкта y , що стабілізуються, а склад останнього вектора визначається як

$$\Phi_0 = \begin{bmatrix} E_n \\ W_0 \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} x \\ \zeta \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де ζ -- вектор вимірюваних сигналів руху характерної точки вантажної підвіски. Визначені також матриці спектральних щільностей $S_{\zeta\zeta}$ та $S_{\varphi_0\varphi_0}$.

Треба визначити також матрицю передаточних функцій системи вимірювань вектора у виді

$$K_0 = \begin{bmatrix} K_2 & 0_{nxv} \\ 0_{vxn} & E_v \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Пропонується нова задача і модифікований метод і алгоритм синтезу робастних систем стабілізації, коли в традиційний функціонал додатково включена складова, яка враховує можливу мінливість моделей динаміки заданих частин системи.

Аналіз і моделювання режимів стабілізації вертольота Мі-8МТ на режимі висіння з вантажем на підвісі показав ефективність запропонованого модернізованого алгоритму синтезу.

Список літератури

1. Блохін Л.М. Методологічні основи та етапи забезпечення конкурентноздатності процесів стабілізації існуючих рухомих об'єктів / О.П.Коивоносенко, С.І. Осадчий – К.: Вісник НАУ №2 (39), 2009. – С. 61–68.