

М. В. Пушкар
Н. Д. Красношарпа
В. А. Баженов
В. І. Павленко

СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЧАСТОТНИМИ МЕТОДАМИ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

В даній статті сформульовано та вирішено актуальну задачу синтезу системи керування безпілотним літальним апаратом частотними методами. Синтезовано передаточну функцію системи керування апаратом у вертикальній площині та проведено аналіз стійкості за допомогою діаграми Боде в MATLAB.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, синтез, система керування, класичні частотні методи, діаграма Боде.

Abstract

In this article the actual problem of synthesis of the drone control system by frequency methods is formulated and solved. The transfer function of the drone control system in the vertical plane was synthesized and the stability analysis was performed using the Bode diagram in MATLAB.

Keywords: drone, synthesis, control system, classic frequency methods, Bode diagram.

Вступ

В сучасній науково-технічній літературі та техніці приділяється значна увага безпілотним літальним апаратам (БПЛА) [1], які є різновидом літальних апаратів, що виконують політ при відсутності пілота на його борту. Частіш за все під БПЛА розуміється дистанційно пілотований (керований) літальний апарат, здатний виконувати зліт, політ та посадку при управлінні ним у вертикальній площині в автоматичному режимі. БПЛА є частиною комплексу, до якого також входить наземний пункт керування з його центральною ланкою – людиною-оператором.

Мета роботи. В роботі формулюється та вирішується задача синтезу системи керування БПЛА у вертикальній площині за допомогою класичного частотного методу з використанням пакету MATLAB.

Результати досліджень

Для спрощення задачі приймаються наступні припущення [2, 3]:

1) кут ухилу глісади паріння є досить малим і поступальний рух БПЛА цілком визначається відхиленням руля висоти $\delta(t)$;

2) під час посадки вважається фіксованим значення повітряної швидкості БПЛА V .

При цих припущеннях лінеаризоване рівняння поздовжньо-вертикального переміщення БПЛА має вигляд:

$$\frac{d^3\theta(t)}{dt^3} + 2\xi\omega_0 \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + \omega_0^2 \frac{d\theta(t)}{dt} = K T_0 \omega_0^2 \frac{d\delta(t)}{dt} + K \omega_0^2 \delta(t), \quad (1)$$

де ξ коефіцієнт демпфування короткоперіодичних коливань; ω_0 – резонансна частота коливань; K – коефіцієнт підсилення короткоперіодичних коливань; T_0 – траєкторна постійна часу.

Величини ξ, ω_0, K, T_0 являються параметрами, які залежать від конструкції БПЛА. Кут тангажа θ та висота польоту h між собою пов'язані диференціальним рівнянням [1,2]:

$$T_0 \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \frac{dh(t)}{dt} = V\theta(t), \quad (2)$$

де початкові умови вважаються нульовими. На основі комбінації диференціальних рівнянь (1) та (2) можна отримати передаточну функцію, яка пов'язує поміж собою відхилення руля висоти $\delta(t)$ та самої висоти h [2]:

$$h(s) = \frac{kV}{s^2 \left(1 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + \frac{1}{\omega_0^2} s^2 \right)} \delta(s). \quad (3)$$

Відповідно до (3), динамічні властивості БПЛА у вертикальній площині в основному представляють два інтегратори та коливальну ланку.

З використанням методики [4] отримано передаточну функцію системи керування БПЛА в вертикальній площині та за допомогою пакету прикладних програм MATLAB сформовано програму для дослідження стійкості її робочих режимів. Результати дослідження показують що система є стійкою, а її динамічні властивості задовольняють необхідні вимоги [5], тобто отримані частотними методами передаточні функції синтезу системи керування БПЛА у вертикальній площині можуть бути використані на практиці для створення реальних систем керування такими апаратами.

Висновки

В результаті виконання досліджень методом математичного моделювання встановлено, що синтезована система автоматичного керування БПЛА у вертикальній площині має прийнятні динамічні властивості, що повністю задовольняють технічні вимоги до таких систем. Подібні системи можна синтезувати також методом математичного програмування [2], що дозволить отримати кращі показники якості керування, що і планується дослідити в подальших дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Распопов В.Я. «Микросистемная авионика: учебное пособие»//Тула :- «Гриф К», 2010, – 248с..
- [2] F. Santoso, M. A. Garratt, S. G. Anavatti and I. Petersen, "Robust Hybrid Nonlinear Control Systems for the Dynamics of a Quadcopter Drone,"// in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. 50, no. 8, pp. 3059-3071
- [3] Nur Uddin, Hendra G. Harno, Rianto Adhy Sasongko, "Altitude Control System Design of Bicopter Using Lyapunov Stability Approach"// *Electronics and Smart Devices (ISESD) 2021 International Symposium on*, pp. 1-6, 2021.
- [4] Шматок С.О., Подчашинський Ю.О. «Автоматизоване проектування систем керування на основі MATLAB. Навчальний посібник» // Житомир: ЖДТУ, 2005. – 172с.
- [5] "IEEE Draft Standard for Drone Applications Framework," in IEEE P1936.1/D7.0, 2021 , vol., no., pp.1-32, 2 Sept. 2021.

Пушкар Микола Васильович – доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу (АЕМС-ЕП), ФЕА НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", м. Київ.

Красношанка Наталія Дмитрівна - доцентка кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу (АЕМС-ЕП), ФЕА НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", м. Київ.

Баженов Володимир Андрійович – доцент кафедри електричних мереж та систем (ЕМС), ФЕА НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", м. Київ.

Павленко Віктор Іванович – професійний магістр кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу (АЕМС-ЕП), ФЕА НТУУ "КПІ", м. Київ.

Pushkar Mykola V. - Associate Professor of the Department of Automation of Electromechanical Systems and Electric Drive, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv..

Krasnoshapka Natalia D. - Associate Professor of Automation of Electromechanical Systems and Electric Drive, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv.

Bazhenov Volodymyr A. - Associate Professor of the Department of Electrical Networks and Systems, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv.

Pavlenko Viktor I. - Professional Master of the Department of Automation of Electromechanical Systems and Electric Drive, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv. (АЕМС-ЕП), ФЕА НТУУ "КПІ", Kyiv.