

УДК 629.7.05

Тачиніна О. М., д. т. н.
Фесенко Д. О., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

Вступ. В сучасному світі автоматичні системи керування відіграють визначальну роль у розвитку та ефективній експлуатації *безпілотних літальних апаратів* (БЛА), зокрема тих, що мають аеродинамічну схему традиційного літака. Особливість і складність керування БЛА полягає у необхідності забезпечення його стабільного і точного управління в динамічно мінливих умовах середовища, при цьому ефективно використовуючи його технічний потенціал та обмежуючи можливі ризики.

Постановка задачі. Основна увага зосереджується на проектуванні та синтезі цифрового регулятора, орієнтованого на підвищення точності керування БЛА літакового типу. Дослідження методів налаштування *пропорційно-інтегрально-диференціального* (ПІД) регулятора, включаючи метод Зіглера-Нікольса, псевдочастотних характеристик, та метод бажаних передавальних функцій, для визначення оптимального підходу до керування, досягнення перерегулювання – 0% та тривалість перехідного процесу не більше 3-5 с.

Основна частина. Вважається, що математична модель БЛА інкорпорує дані про інерційні, аеродинамічні, силові та керуючі характеристики літального апарата. Це потребує формування реалістичної моделі, яка може бути представлена як сукупність диференціальних рівнянь руху. **Налаштування цифрового ПІД регулятора** двоконтурної системи проведені, спираючись на метод Зіглера-Нікольса із застосуванням адаптацій до специфіки БЛА. Зокрема, знаходимо критичну частоту і критичне підсилення системи у стані близькому до нестабільного. На основі цих даних розраховані коефіцієнти для ПІД регулятора, що забезпечують задану динаміку системи без перерегулювань та із задовільною швидкістю реакції. Враховуючи цифровий характер системи управління, отримані параметри перетворюються у дискретний час, використовуючи зразковий період квантування, що відповідає робочій частоті цифрової системи. Процедура дискретизації включає вибір алгоритму апроксимації неперервної системи, який забезпечує найкраще збереження ключових динамічних характеристик БЛА. Результатом синтезу є цифровий ПІД-регулятор з певними коефіцієнтами K_p , K_i , та K_d , які забезпечують досягнення цільових характеристик БЛА, зокрема, стабільність управління без перерегулювання та із тривалістю перехідного процесу в межах заданого діапазону часу [1].

Застосування **методу бажаних передавальних функцій** дозволило визначити параметри цифрового регулятора для оптимізації внутрішнього контуру керування. Виходячи з аналізу характеристик *приведеного дискретного об'єкта керування* (ПДОК) і встановлених цільових параметрів системи, таких як відсутність перерегулювання та задана тривалість перехідного процесу у 3-5 секунд, сформульовано вимоги до бажаної динамічної поведінки системи. Основою синтезу стало розрахунок коефіцієнтів ПД-регулятора, які забезпечують досягнення високої точності керування з мінімальними збуреннями. Процес синтезу передбачає моделювання внеску цифрового регулятора у загальну відповідь системи та адаптацію його параметрів для досягнення оптимального балансу між швидкодією та стабільністю [2]. В результаті отримані параметри цифрового регулятора значно покращили якість керування БЛА, забезпечивши стабільне управління з високою реактивністю та точністю відстеження заданих траєкторій і режимів польоту.

Висновки. Розроблено структурну і функціональну схеми системи керування і побудовано дискретну модель вихідного об'єкта, на основі якої синтезовано цифровий регулятор. Методи налаштування, в тому числі метод Зіглера-Нікольса, псевдочастотних характеристик та метод бажаних передавальних функцій, допомогли виявити оптимальні підходи до керування. Розроблений цифровий регулятор забезпечує покращення точності управління БЛА, демонструючи ефективність у різних умовах. Метод бажаних передавальних функцій виявився найефективнішим. Цей метод не тільки дозволив суттєво збільшити точність керування, але й зменшити час урегулювання системи у шість разів порівняно з первинними показниками. Таке покращення часу реакції системи на зовнішні збурення та команди керування значно підвищує ефективність управління БЛА, забезпечуючи швидшу адаптацію до мінливих умов польоту. Отже, впровадження цифрового регулятора, налаштованого методом бажаних передавальних функцій, демонструє значне вдосконалення працездатності системи автоматичного керування, відкриваючи шлях для розробки високоефективних рішень в сфері БЛА.

Джерела

1. J. Wallbank, Steve Singh, S. Walters, "An introduction to the implementation of digital control — Leading to the control of electrical power systems," 2017.
2. Морнева М.О., Голубєва С.М., Торопов А.С. Цифрові системи автоматичного керування в мехатронних системах – «Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля», 2021, № 5 (269) (2021).