

Олексій Глазок (Україна, Київ)

МЕТОД СИНТЕЗУ НЕЛІНІЙНИХ ЯКІСНИХ РЕГУЛЯТОРІВ

Сучасний розвиток техніки та технології пред'являє підвищені вимоги до алгоритмів керування складними нелінійними динамічними об'єктами. В той час, як функціонування або рух об'єкта відбувається в суттєво нелінійних режимах, керування повинне забезпечувати максимальне використання можливостей об'єкта.

З метою досягнення цього було запропоновано наступний метод синтезу регуляторів. Для об'єкта, який описується системою диференціальних рівнянь у відхиленнях :

$$\dot{X} = AX + BU + F(X),$$

де X – вектор змінних стану, A – матриця, що описує лінійну частину об'єкта, $F(X)$ – нелінійна частина об'єкта, яку можна представити у вигляді ступеневого ряду по компонентах вектора X , будемо шукати управління, оптимальне з точки зору функціонала якості

$$I = \int_0^{\infty} w(X, T) dt = \int_0^{\infty} (X^T P X + U^T R U + c_0 V_0 + c_1 V_1 + \dots + c_k V_k) dt,$$

де V_0, V_1, \dots, V_k – компоненти розкладу функції Ляпунова $V(X)$ в ступеневий ряд по компонентах вектора стану X . Записуючи для даної задачі рівняння Беллмана, можемо з умови екстремуму знайти функцію Ляпунова, що відповідає оптимальному керуванню. Лінійну частину функції Ляпунова $V_0(X)$ знаходимо, розв'язуючи породжене даною задачею матричне рівняння Ріккати; нелінійні частини – застосовуючи метод збурень. Знайшовши частини розкладу функції Ляпунова, знаходимо і оптимальне управління.

Було проведено чисельне моделювання руху систем з отриманими регуляторами, під час якого вивчалися перехідні процеси, області простору станів, в яких досягаються певні характеристики стійкості системи та якості перехідних процесів, а також поведінка функції Ляпунова та частин її розкладу в ступеневий ряд. Чисельне моделювання, зокрема, показало значні переваги отриманих таким способом регуляторів перед регуляторами, синтезованими за класичною методикою, по швидкості перехідних процесів. Обираючи значення коефіцієнтів затухання c_0, c_1, \dots, c_k , можна змінювати характер перехідних процесів, ступінь перерегуляції тощо. Наявність свободи вибору коефіцієнтів затухання дозволяє змінювати параметри регулятора по ходу регулювання, враховуючи вимоги, що пред'являються до керування, конструктивні обмеження об'єкта та регулятора як технічних систем. Таким чином можна добитися повного використання можливостей органів чи систем керування в кожний момент часу на протязі всього руху керованої системи, що, як правило, не досягається при застосуванні регуляторів з постійними параметрами. Крім того, можливість вибору параметрів регулятора дозволить без втрат якості керування розширити і діапазон керованості системи за рахунок використання в критичних областях простору станів системи регуляторів, які розв'язують в задачу керування цих областях, хоча в інших областях і не є оптимальними.

Однією з можливих областей практичного застосування отриманих за даною методикою регуляторів є підготовка операторів, що керують динамічними об'єктами. В нашій роботі цю ідею було реалізовано в тренажері, призначеному для підвищення кваліфікації пілотів цивільної авіації. Основою тренажера стала модель штурвальної колонки літака, яку за допомогою АЦП було підключено до комп'ютера. Програма візуалізації, отримуючи інформацію про дії пілота, розраховує координати літака в просторі і виводить на екран зображення картини, яку пілот бачить під час посадки повітряного судна. Крім того, на екран комп'ютера може бути виведено зображення двох штурвалів, один з яких відображає дії пілота з реальним штурвалом, а другий виконує командно-директорну функцію, показуючи оператору оптимальну поведінку. Оператору ставиться задача керувати польотом таким чином, щоб розходження між його діями та вказівками автомата було мінімальним. Якщо в алгоритмі обчислення бажаної поведінки оператора використати регулятор, синтезований за описаною вище методикою, такий тренажер дозволить поступово покращувати кваліфікацію оператора. Для цього слід на початку тренування підстроїти параметри регулятора з урахуванням кваліфікації оператора, а по мірі набуття ним необхідних моторних навичок поступово змінювати параметри регулятора так, щоб керування наближалось до оптимального.