

Метод синтезу нелінійних якісних регуляторів з введенням додаткових членів до функціоналу якості

О.М.Глазок

*Національний Авіаційний університет, 03058, Київ,
просп. Космонавта Комарова, 1, comconsys@nau.edu.ua*

Розглядаючи тенденції розвитку теорії і практики створення систем керування динамічними об'єктами, можна відзначити, що, по-перше, сучасна система керування повинна забезпечувати максимальне використання ресурсів та можливостей об'єкта; і, по-друге, при цьому по можливості необхідно надати проектувальнику можливість перенести максимальну кількість функцій з об'єкта на систему керування. Вимоги, які висувуються до керованих систем з точки зору досягнення мети керування, можна умовно поділити на дві групи: вимоги до стійкості (включаючи запас стійкості, область стійкості, ступінь перерегуляції, коливальність та інші показники) та до якості процесів в керованій системі, зокрема, перехідних процесів. Відомо, що ці дві групи вимог тісно пов'язані між собою, але, з іншого боку, існує і певне протиріччя між ними [1,2]. Наприклад, збільшуючи стійкість системи, ми в той же час робимо важчою для розв'язання задачу досягнення якості, і навпаки. Тому метою даного дослідження є розробка методу синтезу керування об'єктами, функціонування або рух яких відбувається в суттєво нелінійних режимах, який, по-перше, дозволить максимально використати можливості керованого об'єкта, і, по-друге, забезпечить при цьому задовільний компроміс між вимогами до стійкості та якості.

Розглянемо керований об'єкт, який описується системою диференціальних рівнянь у відхиленнях :

$$\dot{\mathbf{X}} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{U} + \mathbf{F}(\mathbf{X}),$$

де \mathbf{X} – вектор змінних стану, \mathbf{U} – вектор керувань, \mathbf{A} та \mathbf{B} – матриці з постійними коефіцієнтами, матриця \mathbf{A} описує лінійну частину керованого об'єкта, $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ – нелінійна частина об'єкта, яку можна представити у вигляді ступеневого ряду по компонентах вектора \mathbf{X} . Поставимо задачу знайти керування, оптимальне з точки зору функціонала якості

$$I = \int_{t=0}^{\infty} w(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) dt,$$

де $w(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) = w_1(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) + w_2(\mathbf{X}(t))$, причому $w_1(\mathbf{X}(t), \mathbf{U}(t)) = \mathbf{X}^T \mathbf{P} \mathbf{X} + \mathbf{U}^T \mathbf{R} \mathbf{U}$ – підінтегральний вираз звичайного квадратичного функціонала якості, а $w_2(\mathbf{X}(t))$ – деяка функція, що не залежить від \mathbf{U} . Такою функцією може бути, зокрема, сума доданків розкладу функції Ляпунова тієї ж системи, взятих з деякими коефіцієнтами, що є параметрами синтезу. В нашій

роботі було розроблено та реалізовано методику знаходження регуляторів з виконанням обчислень в аналітичному вигляді, проведено чисельне моделювання отриманих керованих систем, досліджено вплив параметрів синтезу на показники якості системи та поведінку функції Ляпунова і частин її розкладу. Розгляд рівняння Белмана, яке відповідає заданому таким способом функціоналу якості, показує можливість вибором коефіцієнтів керувати поведінкою в часі окремих мод розкладу функції Ляпунова.

Регулятори, отримані за таким методом, може бути застосовано для керування рухомими динамічними об'єктами (судном, літальним апаратом, тощо) чи виробничими процесами, що мають динаміку (наприклад, в хімічній промисловості, енергетиці і т. д.) Можна запропонувати і іншу галузь застосування таких регуляторів – в підготовці операторів, які керують динамічними об'єктами чи процесами в ручному чи напівавтоматичному режимі. Наприклад, цю ідею було реалізовано нами з використанням динамічної моделі керованого об'єкта – літака. Було створено модель тренажера для підготовки пілотів цивільної авіації. Метою тренування на такій установці є вироблення у оператора комплексу моторних навичок з керування об'єктом, який відповідає руху об'єкта по оптимальній траєкторії. Створене програмне забезпечення тренажера дозволяє здійснювати як “польоти” в автоматичному режимі, так і в режимі ручного керування, при цьому навчання оператора відбувається завдяки використанню командно-директорного принципу керування. Для того, щоб забезпечити ефективність процесу навчання оператора, на кожному кроці навчання йому слід пред'являти дедалі більш складні, але посильні задачі, які б відповідали обсягу навичок, засвоєних даним оператором на поточний момент. Для цього необхідно включити до системи навчання модель оператора, яка буде надавати інформаційне забезпечення для інших компонентів системи. На початку тренування необхідно 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.

Висновки. Проведене чисельне моделювання показало значні переваги регуляторів, отриманих описаним способом, перед регуляторами, синтезованими за класичною методикою, по швидкості перехідних процесів. Крім того, можливість вибору параметрів регулятора дозволяє без втрат якості керування розширити і діапазон керованості системи за рахунок використання в критичних областях простору станів системи регуляторів, які розв'язують задачу керування в цих областях, хоча в інших областях і не є оптимальними.

Список літератури

1. Зубов В.И. Проблема устойчивости процессов управления. – СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2001.– 353 с.
2. Летов А.М. Динамика полета и управление.– М.: Наука, 1969.– 360 с.