

ВСТУП

Навчальний посібник написаний на основі лекцій, які читають автори студентам освітнього рівня магістр спеціальності “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод” на кафедрі електроприводу і комп’ютеризованих електромеханічних систем Національного університету “Львівська політехніка”. Посібник присвячений питанням аналізу і синтезу оптимальних лінійних неперервних стаціонарних і нестаціонарних динамічних систем, які охоплюють значну частину матеріалу з теорії автоматичного керування, що не входить до складу програми класичного курсу для цієї спеціальності. Для кращого розуміння цього матеріалу в кожному розділі наводиться по кілька прикладів з їх розв’язками. На думку авторів, таке подання матеріалу істотно покращить дидактичну цінність навчального посібника.

Посібник складається з 11 розділів. У розділі першому розглянуто математичний опис динамічних систем за допомогою моделей на основі перетворення Лапласа, моделей на основі структурних схем і сигнальних графів, а також моделей систем у змінних стану.

Розділ другий присвячено вивченню динамічних властивостей систем, які описуються змінними стану, подаються загальні питання стійкості систем зі змінними стану, методи знаходження часових характеристик динамічних систем, а також розглядаються питання керованості і спостережності таких систем.

У розділі третьому основний акцент звернуто на метод синтезу оптимальних систем, які описуються змінними стану, і оптимізація системи проводиться на основі врахування початкових умов. Розглядаються задачі оптимізації за інтегральними критеріями без обмеження і з обмеженням енергетичних затрат на формування сигналу керування.

У четвертому розділі описано синтез лінійних оптимальних систем на основі розв’язку рівнянь Ріккати, зокрема з синтезом лінійних квадратичних регуляторів, подається загальний опис лінійних стаціонарних систем у просторі станів, вводяться норми сигналів і передавальних функцій. Також розглянуто питання формування динамічних характеристик системи через розміщення полюсів за допомогою зворотного зв’язку за станом.

У п’ятому розділі викладено теоретичні основи робастних систем, розглядаються питання чутливості та робастності системи, її стійкості та

використання ПД-регулятора для забезпечення робастності. Окремо виділені системи з неозначеними параметрами і робастні системи з внутрішньою моделлю.

Шостий розділ присвячений питанням синтезу оптимальних динамічних систем методами класичного варіаційного числення, виводиться рівняння Ейлера, наведені види критеріїв оптимізації і типи рівнянь для знаходження екстремалей. Наведені приклади аналітичного конструювання регуляторів.

Сьомий розділ ознайомлює читачів із питаннями синтезу оптимальних систем методами динамічного програмування Белмана. Наведено виведення функціонального рівняння Белмана, розглянуті особливості аналітичного конструювання регуляторів неперервних систем на основі функціонального рівняння для стаціонарної та нестаціонарної систем і інтегральних квадратичних критеріїв якості. Також подано матеріал, пов'язаний із застосуванням для синтезу систем функцій Ляпунова. Наведені умови знаковизначеності цих функцій і теореми про стійкість автономних динамічних систем. Матеріал розділу проілюстровано багатьма прикладами.

У восьмому розділі наводяться елементи теорії принципу максимуму Понтрягіна. Систематично і доступно викладені методи подання рівнянь динаміки систем керування за допомогою змінних стану і їх розв'язок на основі принципу максимуму.

Розділ дев'ятий містить аналіз оптимальних за швидкодією систем автоматичного керування з лінійною незмінюваною частиною. Розкрито суть задачі про максимальну швидкодію і застосування для розв'язання цієї задачі принципу максимуму. Наведено численні приклади.

У десятому розділі описані методи синтезу оптимальних за швидкодією систем автоматичного керування з лінійною незмінюваною частиною. Наведено метод фазового простору для розв'язання цієї задачі, також розглянуто метод розв'язання задачі про максимальну швидкодію на основі стандартних форм розподілу полюсів характеристичного рівняння.

Одинадцятий розділ містить аналіз і синтез оптимальних систем керування у разі випадкових збурень. Наведені основні дані з теорії випадкових процесів. Потім розглядають задачу аналізу лінійних систем керування під час випадкових збурень. Основну увагу звернуто на задачі синтезу таких систем на основі мінімуму середньоквадратичної похибки. Розглянуто задачі, які використовують для синтезу ймовірнісні характеристики процесу випадкових

збурень, зокрема така задача як синтез фільтра Вінера, а також задача синтезу процесу керуючих впливів для забезпечення мінімальної середньоквадратичної похибки відхилення технологічної координати від заданого значення. Розглядається питання синтезу оптимальної стохастичної системи на основі диференціальних рівнянь і стохастичних характеристик – фільтр Калмана–Б'юсі.

Під час підготовки цього навчального посібника використані літературні джерела, список яких далеко не повністю охоплює наукову і навчальну літературу з розглядуваних питань. Переважно це ті джерела, які автори використовували, формуючи матеріал цього навчального посібника, зокрема, під час написання глав 1–4 використані матеріали літературних джерел 3, 4, 13, 15, 20; глав 5, 6 – літературні джерела 4–9, 15, 17, 19; глави 7 – літературні джерела 1–3, 8, 10, 12, 16, 19, 24; глав 8, 9, 10 – літературні джерела 7, 17, 18, 20, 22, 23; глави 11 – літературні джерела 6, 11, 14, 15, 20, 21, 23 з наведеного списку використаної літератури. Ми глибоко вдячні авторам цих праць за інформацію.

Автори висловлюють щире подяку доктору фізико-математичних наук, професорові П. І. Каленюку за консультації під час підготовки матеріалу, а також доктору технічних наук, професорові П. Г. Стахіву, доктору технічних наук, професорові Я. І. Соколовському, доктору технічних наук, професорові Ю. В. Шабатурі за рецензування рукопису. Всі зауваження і побажання рецензентів враховано.