

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для втузов

2-е ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Государственным комитетом СССР

по народному образованию

в качестве учебного пособия

для студентов высших технических учебных заведений

МОСКВА «НАУКА» ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1989

Соответствует программе семестрового курса лекций по линейной теории автоматического управления и регулирования. Содержит вводные понятия, основные характеристики различных звеньев систем автоматического управления, передаточные функции и частотные характеристики разомкнутых и замкнутых систем.

Исследуется точность автоматических систем при различных внешних воздействиях. Даются критерии устойчивости, оценки качества переходных процессов, частотные и корневые методы синтеза корректирующих устройств. Оцениваются основные виды этих устройств. Излагается метод пространства состояний в теории управления. Дается понятие управляемости и наблюдаемости систем. Кратко определяется чувствительность систем. Даются основные понятия о многомерных системах. Рассматриваются импульсные системы.

Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб. пособие для втузов.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.— 304 с.

Содержание учебного пособия

Теория линейных систем автоматического регулирования и управления

Предисловие

Введение **Глава 1. Основные характеристики звеньев автоматических систем**

§ 1.1. Уравнения звеньев и виды основных характеристик

§ 1.2. Типы позиционных звеньев и их характеристики

§ 1.3. Типы интегрирующих и дифференцирующих звеньев и их характеристики

§ 1.4. Другие типы звеньев

Глава 2. Основные характеристики систем автоматического управления

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- § 2.1. Передаточные функции и характеристики разомкнутой цепи звеньев
- § 2.2. Структурные преобразования
- § 2.3. Передаточные функции и уравнения замкнутой системы
- § 2.4. Частотные характеристики замкнутой системы

Глава 3. Точность и чувствительность систем автоматического управления

- § 3.1. Процесс управления и требования к нему
- § 3.2. Постоянные ошибки. Астатические системы
- § 3.3. Точность при гармоническом воздействии
- § 3.4. Установившаяся ошибка при произвольном воздействии (коэффициенты ошибок)
- § 3.5. Чувствительность автоматических систем

Глава 4 Устойчивость систем автоматического управления

- § 4.1. Понятие устойчивости линеаризованных систем
- § 4.2. Алгебраические критерии устойчивости
- § 4.3. Критерий устойчивости Михайлова. Построение областей устойчивости
- § 4.4. Частотный критерий устойчивости Найквиста

Глава 5. Оценки качества переходного процесса

- § 5.1. Требования качества и связь с частотными характеристиками
- § 5.2. Частотные оценки качества
- § 5.3. Корневые оценки качества
- § 5.4. Интегральные оценки качества

Глава 6. Корректирующие устройства и методы их синтеза

- § 6.1. Последовательные корректирующие устройства
- § 6.2. Параллельные корректирующие устройства
- § 6.3. Корректирующие устройства по внешнему воздействию. Инвариантность
- § 6.4. Частотный метод синтеза корректирующих устройств
- § 6.5. Метод корневого годографа

Глава 7. Метод пространства состояний в теории управления

- § 7.1. Уравнения системы и ее коррекция в пространстве состояний
- § 7.2. Прямой корневой метод синтеза систем управления доминантного типа
- § 7.3. Примеры прямого корневого метода синтеза другого типа
- § 7.4. Программа корневого метода синтеза корректирующих цепей

Глава 8. Многомерные системы. Управляемость и наблюдаемость

- § 8.1. Особенности многомерных систем автоматического управления
- § 8.2. Исследование многомерных систем
- § 8.3. Частотные методы для многомерных систем
- § 8.4. Понятие управляемости и наблюдаемости систем
- § 8.5. Оценивание координат состояния систем

Глава 9. Линейные системы автоматического управления других типов

- § 9.1. Системы с запаздыванием
- § 9.2. Системы с распределенными параметрами
- § 9.3. Системы с переменными параметрами

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 9.4. Дискретные системы

Глава 10. Импульсные системы автоматического управления

§ 10.1. Уравнения и передаточные функции

§ 10.2. Частотные характеристики импульсных систем

§ 10.3. Логарифмические частотные характеристики

§ 10.4. Устойчивость импульсных систем

§ 10.5. Точность и коррекция импульсных систем

Приложение 1. Текст программы корневого метода синтеза корректирующих цепей

Приложение 2. Представление исходных данных для примера

Приложение 3. Результаты расчета примера

Список литературы

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. — М.: Наука, 1975.
2. Бесекерский В. А. Цифровые автоматические системы. — М.: Наука, 1976.
3. Болпокип В. Е., Чипаев П. И. Анализ и синтез систем автоматического управления на ЭВМ. — М.: Радио и связь, 1986.
4. Вавилов А. А., Имаев Д. Х. Машинные методы расчета систем управления. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.
5. Воронов А. А. Основы теории автоматического управления. Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем. — М.: Энергия, 1980.
6. Воронов А. А. Основы теории автоматического управления. Особые линейные и нелинейные системы.— М.: Энергия, 1981.
7. Воронов А. А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость.— М.: Наука, 1979.
8. Динамика систем управления ракет с бортовыми вычислительными машинами / Под ред. М. С. Хитрика, С. М. Федорова. — М.: Машиностроение, 1976.
9. Задачник по теории автоматического управления /Под ред. А. С. Шаталова.— М.: Энергия, 1979.
10. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. — М.: Машиностроение, 1978.
11. Кочетков В. Т., Половко А. М., Пономарев В. М. Теория систем телеуправления и самонаведения ракет. — М.: Наука, 1964.
12. Красовский А. А., Поспелов Г. С. Основы автоматики и технической кибернетики. — М.: Госэнергоиздат, 1982.
13. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. — М.: Наука, 1987.
14. Кулешов В. С, Лакота Н. А. Динамика систем управления манипуляторами. - М.: Энергия, 1971.
15. Курош А. Г. Курс высшей алгебры. — М.: Наука, 1975.
16. Макаров И. М., Менский Б. М. Линейные автоматические системы.— М.: Машиностроение, 1982.
17. Математические основы теории автоматического регулирования. Т. 1, 2 Под ред. Б. К. Чемоданова.— М.: Высшая школа, 1977.
18. Мееров М. В. Исследование и оптимизация многосвязных систем управления.— М.: Наука, 1986.
19. Медведев В. С, Лесков А. Г., Ющенко А. С. Системы управления манипуляционных роботов.— М.: Наука, 1978.

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

20. Михайлов Ф. А. Теория и методы исследования нестационарных линейных систем.— М.: Наука, 1986.
21. Морозовский В. Т. Многосвязные системы автоматического регулирования.— М.: Энергия, 1970.
22. Основы автоматического регулирования и управления / Под ред. В. М. Пономарева и А. П. Литвинова.— М.: Высшая школа, 1974.
23. Основы проектирования следящих систем/Под ред. Н. А. Лакоты.— М.: Машиностроение, 1978.
24. Основы теории автоматического управления / Под ред. Н. Б. Судзиловского. — М.: Машиностроение, 1985.
25. Попов Е. П. Динамика систем автоматического регулирования. — М.: Гостехиздат, 1954.
26. Попов Е. П. Автоматическое регулирование и управление. М.: Наука, 1966.
27. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. — М.: Наука, 1978.
28. Проектирование и расчет динамических систем /Под ред. В. А. Климова.— Л.: Машиностроение, 1974.
29. Проектирование следящих систем двустороннего действия / Под ред. В. С. Кулешова.— М.: Машиностроение, 1979.
30. Проектирование следящих систем с помощью ЭВМ / Под ред. В. С. Медведева.— М.: Машиностроение, 1979.
31. Розенвассер Е. Н., Юсупов Р. М. Чувствительность систем управления.— М.; Наука, 1981.
32. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В. А. Бесекерского.— М.: Наука, 1978.
33. Солодов А. В., Петров Ф. С. Линейные автоматические системы с переменными параметрами. — М.: Наука, 1971.
34. Солодовников В. В., Бородин Ю. П., Иоаннисиан А. Б. Частотные методы анализа и синтеза нестационарных линейных систем.— М.: Советское радио, 1972.
35. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. — М.: Машиностроение, 1985.
36. Теория автоматического регулирования / Под ред. В. В. Солодовникова.— Т. 1, 2.— М.: Машиностроение, 1967.
37. Теория автоматического управления / Под ред. А. В. Нетушила.— М.: Высшая школа, 1976.
38. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности.— М.: Советское радио, 1972.
39. Топчеев Ю. И., Цыпляков А. П. Задачник по теории автоматического регулирования. — М.: Машиностроение, 1977.
40. Удерман Э. Г. Метод корневого годографа в теории автоматических систем. — М.: Наука, 1972.
41. Федоров С. М., Литвинов А. П. Автоматические системы с цифровыми управляющими машинами.— М.: Энергия, 1965.
42. Фельдбаум А. А., Бутковский А. Г. Методы теории автоматического управления. — М.: Наука, 1971.
43. Цыпкин Я. З. Основы теории автоматических систем. — М.: Наука, 1977.
44. Чернолуцкий Г. С, Сибрин А. П., Жабреев В. С. Следящие системы автоматических манипуляторов.— М.: Наука, 1987.
45. Шаталов А. С, Барковский В. В. и др. Методы синтеза систем управления на

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЦВМ.— М.: Машиностроение, 1977.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теория автоматического управления является в настоящее время одной из важнейших технических наук общего применения. Она дает основную теоретическую базу для исследования и проектирования любых автоматических и автоматизированных систем во всех областях техники и народного хозяйства.

Данное учебное пособие относится к первой части курса, читаемого автором в МВТУ им. Н. Э. Баумана. За ней следуют теория нелинейных систем и другие разделы курса, излагаемые в учебных пособиях: Попов Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления.— М.: Наука, 1988; Иванов В. А., Ющенко А. С. Теория дискретных систем автоматического управления.— М.: Наука, 1983; Иванов В. А., Фалдин Н. В. Теория оптимальных систем автоматического управления.— М.: Наука, 1981; Горбачевич Е. Д., Левинзон Ф. Ф. Апалоговое моделирование систем управления.— М.: Наука, 1984; Астапов Ю. М., Медведев В. С. Статистическая теория систем автоматического управления.— М.: Наука, 1982.

Необходимость издания таких кратких учебных пособий по отдельным разделам современного курса теории автоматического управления, которые соответствовали бы учебным программам, давно назрела (несмотря на наличие солидных учебников и монографий). В этом заинтересована не только большая масса студентов многих вузов, но и многочисленные преподаватели этой дисциплины, а также и широкий круг специалистов, которым приходится либо восстанавливать, либо приобретать заново знания в области теории автоматического управления в связи с все расширяющимися народнохозяйственными задачами в области автоматизации.

Наличие серии отдельных компактных учебных пособий, охватывающих в целом всю программу вузовских лекций, представляется весьма удобным для использования широкой массой читателей.

В данную книгу не вошли вопросы исследования линейных систем при случайных воздействиях и лишь кратко даны основы теории линейных импульсных систем, поскольку в данной серии учебных пособий, как указано выше, изданы отдельные книги по статистической теории систем (как линейных, так и нелинейных) и по теории дискретных систем — импульсных и цифровых (линейных и нелинейных).

В настоящем втором издании книги во многих главах излагаемый материал частично переработан, и сделаны также необходимые дополнения. Наибольшие изменения и дополнения относятся к гл. 8. В частности, там введен новый раздел частотных методов для многомерных систем. Однако сохранены общий план и общая идеология книги, оправдавшие себя в практике использования данного учебного пособия.

Глава 7, содержащая метод корневого годографа, заменена совершенно новой главой «Метод пространства состояний в теории управления». О методе корневого годографа даны лишь основные понятия в § 6.5. Это принципиальное изменение продиктовано тем, что метод пространства состояний входит все больше в инженерную практику, в то время как

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

метод корневого годографа утрачивает свою актуальность.

Практическое применение метода пространства состояний стимулируется развитием использования вычислительной техники при решении задач теории управления. В связи с этим в § 7.4 описаны алгоритмы и программа корневого синтеза корректирующих цепей линейных систем управления на базе пространства состояний. В приложениях даны текст программы и решение примера на ЭВМ.

При написании повой гл. 7 использованы материалы, предоставленные профессором Г. С. Черноруцким, за что автор выражает ему глубокую благодарность. Автор благодарит также В. А. Парасича и М. Н. Устюгова, разработавших помещенные в конце книги приложения. Некоторые материалы Г. С. Черноруцкого введены дополнительно в § 8.1 и § 8.5.

[Скачать книгу Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления:](#) Учебное пособие для вузов. — Второе издание, переработанное и дополненное. Москва, издательство Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1989