В. А. БЕСЕКЕРСКИЙ, А. Н. ГЕРАСИМОВ, Л. Ф. ПОРФИРЬЕВ, Е. А. ФАБРИКАНТ, С. М. ФЕДОРОВ, В. И. ЦВЕТКОВ.

Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления

Под редакцией В. А. БЕСЕКЕРСКОГО

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, СТЕРЕОТИПНОЕ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР

в качестве учебного пособия

для студентов высших технических

учебных заведений

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА

1972

Сборник рассчитан на студентов, специализирующихся в области теории автоматического регулирования и следящих систем, а также на студентов других специальностей, изучающих теорию автоматического регулирования, и управления. Сборник, содержащий 491 задачу, ориентируется на ряд используемых в вузах книг. В качестве основной принята книга В. А. Бесекерского и Е. П. Попова «Теория систем автоматического регулирования». Построение сборника, содержание, терминология и методика изложения в основном соответствует этой книге.

В. А. БЕСЕКЕРСКИЙ, А. Н. ГЕРАСИМОВ, Л. Ф. ПОРФИРЬЕВ, Е. А. ФАБРИКАНТ, С. М. ФЕДОРОВ, В. И. ЦВЕТКОВ, Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления, под редакцией В. А. Бесекерского, издание четвертое, стереотипное, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М, 1972.

Содержание сборника задач
по теории автоматического регулирования и управления

Предисловие

Раздел I. ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Глава 1. Дифференциальные уравнения и передаточные функций звеньев и автоматических систем
§ 1.1. Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев
§ 1.2. Типовые динамические звенья
§ 1.3. Дифференциальные уравнения и передаточные функции автоматических систем
§ 1.4. Структурные схемы и их преобразование

Глава 2. Частотные характеристики динамических звеньев и систем автоматического регулировании
§ 2.1. Характеристики динамических звеньев
§ 2.2. Амплитудно-фазовые характеристики разомкнутых систем автоматического регулирования
§ 2.3. Вещественные частотные характеристики замкнутых систем автоматического регулирования
§ 2.4. Логарифмические характеристики систем автоматического регулирования

Глава 3. Устойчивость линейных систем
§ 3.1. Алгебраические критерии устойчивости
§ 3.2. Критерий устойчивости Михайлова
§ 3.3. Критерий устойчивости Найквиста
§ 3.4. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы
§ 3.5. Построение областей устойчивости

Глава 4. Построение переходных процессов в системах автоматического регулирования
§4.1. Классический метод решения дифференциальных уравнений
§ 4.2. Применение изображений Лапласа и Карсона—Хевисайда
§ 4.3. Приближенные методы расчета переходных процессов
А. Использование вещественных частотрых характеристик
Б. Использование сопрягающих частот л. а. х.
В. Использование нормированных кривых для минимально-фазовых систем с типовыми л. а. х.
Г. Построение кривой переходного процесса графическим методом

Глава 5. Оценка качества регулирования
§ 5.1. Определение точности при наличии задающего воздействия
§ 5.2. Определение точности при наличии возмущающего воздействия
§ 5.3. Корневые методы оценки динамических свойств
§ 5.4. Оценка по кривой переходного процесса
§ 5.5. Интегральные оценки

§ 5.6. Частотные оценки динамических свойств

Глава 6. Синтез линейных систем
§ 6.1 Выбор параметров САР по требуемой точности
§ 6.2. Алгебраические методы выбора параметров САР
§ 6.3. Частотные методы выбора параметров САР. Расчет последовательных корректирующих устройств
§ 6.4. Расчет дополнительных обратных связей и прямых параллельных корректирующих связей
§ 6.5. Расчет систем комбинированного управления
§ 6.6. Расчет последовательных корректирующих контуров, работающих на несущей частоте

Глава 7. Случайные процессы в линейных системах
§ 7.1. Вычисление корреляционных функций и спектральных плотностей
§ 7.2. Прохождение случайного стационарного сигнала через линейную систему
§ 7.3. Оптимальные системы

Глава 8. Системы с переменными параметрами
§ 8.1. Построение переходных процессов
§ 8.2. Оценка устойчивости и качества регулирования

Глава 9. Системы с запаздыванием и с распределенными параметрами
§ 9.1. Системы с временным запаздыванием
§ 9.2. Системы с распределенными параметрами

Глава 10. Импульсные системы
§ 10.1. Дискретные функции и уравнения импульсных систем
§ 10.2. Устойчивость и качество импульсных систем

Раздел II. НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Глава 11. Составление уравнений нелинейных систем
§11.1 Уравнении нелинейных следящих систем
§ 11.2. Уравнения нелинейных систем стабилизации

Глава 12. Точные методы исследования стойчивости и автоколебаний
§ 12.1. Метод фазовых траекторий
§ 12.2. Метод А. М. Ляпунова - А. И. Лурье
§ 12.3. Частотный метод В. М. Попова
§ 12.4. Метод припасовывания

Глава 13. Приближенные методы исследования устойчивости и автоколебаний
§13.1. Алгебраические способы определения устойчивости и автоколебаний
§. 13.2. Частотный метод определения автоколебаний

Глава 14. Оценка качества нелинейных систем
§ 14.1. Исследование колебательных переходных процессов аналитическими методами
§ 14.2. Исследование колебательных переходных процессов частотными методами

Глава 15. Вынужденные колебания в нелинейных системах
§ 15.1. Отыскание симметричных одночастотных вынужденных колебаний графическим методом
§ 15.2. Отыскание симметричных одночастотных вынужденных колебаний частотным методом

Глава 16. Прохождение случайных процессов через нелинейные системы
§ 16.1. Определение функций и моментов распределения случайного процесса на выходе нелинейной системы
§ 16.2. Расчет нелинейных систем с помощью статистической линеаризации

Раздел III. ОПТИМАЛЬНЫЕ, ЦИФРОВЫЕ, САМОНАСТРАИВАЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Глава 17. Синтез оптимальных систем управления
§ 17.1. Синтез оптимальных систем с использованием принципа максимума
§ 17.2. Синтез оптимальных систем методом динамического программирования и классического вариационного исчисления

Глава 18. Системы с цифровыми вычислительными машинами (ЦВМ)
§ 18.1. Передаточные функции систем с ЦВМ при учете квантования по времени
§ 18.2. Устойчивость и оценка качества
§ 18.3. Синтез систем с ЦВМ

Глава 19. Экстремальные и самонастраивающиеся системы
§ 19.1. Составление структурных схем экстремальных и самонастраивающихся систем и исследование их устойчивости
§ 19.2. Качество систем экстремального управления

Глава 20. Составление схем для моделирования автоматических систем на непрерывных вычислительных машинах
§ 20.1. Составление схем для моделирования элементов автоматических систем на электронных вычислительных машинах
§ 20.2. Составление схем для моделирования дифференциальных уравнений и автоматических систем на электронных вычислительных машинах

Приложение
1. Изображения по Лапласу и Карсону—Хевисайду функций времени
2. Z-преобразования функций времени
3. Нормированная логарифмическая частотная фазовая характеристика апериодического звена первого порядка
4. Нормированные логарифмические амплитудная и фазовая характеристики колебательного звена
5. Отклонение асимптотической л. а. х. колебательного звена от точной
6. Критерий устойчивости Гурвица
7. Диаграмма Вышнеградского с линиями равного затухания в процентах за один период
8. Диаграмма Вышнеградского с линиями равной нормированной степени устойчивости
9. Эквивалентные начальные условия в системе регулирования после воздействия на нее

единичной ступенчатой функции
10. Решения однородных дифференциальных уравнений первого, второго и третьего порядков
11. Номограмма для построения вещественной частотной характеристики замкнутой системы по амплитудно-фазовой характеристике разомкнутой системы (вещественная круговая диаграмма)
12. Кривые для определения времени переходного процесса и перерегулирования по коэффициенту наклона трапецеидальной вещественной частотной характеристики
13. Кривые для определения времени переходного процесса и перерегулирования для вещественной частотной характеристики, имеющей максимум
14. Зависимость требуемого запаса по фазе от модуля в децибелах при различных показателях колебательности
15. Номограмма для построения вещественной частотной характеристики по заданным качественным и показателям
16. Нахождение квадратичной интегральной оценки
17. Формулы для интегрирования спектральной плотности
18. Нормированные стандартные передаточные функции разомкнутой системы
19. Типовые л. а. х., соответствующие заданному запасу устойчивости
20. Нормированные кривые переходных процессов для типовых л. а. х.
21. Корректирующие звенья постоянного тока
22. корректирующее звено переменного тока (двойное Т-образное звено)
23. Приведение дифференциальных уравнений к канонической форме
24. Достаточные условия устойчивости нелинейных систем второго, третьего и четвертого порядков
26. Типовые л. а. х. систем с ЦВМ при учете квантования по времени
27. Типовые последовательные дискретные корректирующие звенья
28. Коэффициенты гармонической линеаризации основных нелинейных характеристик
29. Нормированные амплитудно-фазовые частотные характеристики релейных исполнительных механизмов
30. Коэффициенты статистической линеаризации некоторых типовых нелинейностей
31. Нормированный интеграл плотности вероятности нормального закона распределения
32. Нормированная плотность вероятности нормального закона распределения
33. Моделирование элементов структурных схем автоматических систем на операционных усилителях
34. Моделирование нелинейных статических характеристик на операционных усилителях
35. Таблица функций h (tB)
Литература

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник рассчитан на студентов, специализирующихся в области автоматического регулирования и управления, но может быть использован и студентами других специальностей при изучении ими теории автоматического регулирования.

Круг вопросов, охватываемых сборником, включает в себя темы, входящие, как правило, в программы по теории автоматического регулирования или теории автоматического управления многих вузов.

Сборник ориентируется на ряд используемых в вузах книг, список которых приведен в конце сборника. В качестве основной принята книга В. А. Бесекерского й Е. П. Попова «Теория систем автоматического регулирования», выходящая вторым изданием в 1972 г. По--строение сборника, содержание, терминология и методика изложения в основном соответствуют этой книге.

Аналогично указанной книге в сборнике применяется одинаковый символ для обозначения оператора дифференцирования, используемого при операторной форме записи дифференциальных уравнений, в которые входят функции времени (оригиналы), и комплексной переменной в преобразованиях Лапласа и Карсона—Хевисайда. При этом предполагается, что читатель самостоятельно может разобраться в значении этого символа в зависимости от того, используются ли в уравнениях функции времени или их изображения, и знает правила перехода от оригиналов к изображениям с учетом начальных условий.

Сборник задач написан В. А. Бесекерским (главы 5, 7, 8 и 10), А. Н. Герасимовым (главы 3 и 9), С. В. Лучко (главы 11—15), Л. Ф. Порфирьевым (главы 16, 17 и- 19), Е. А. Фабрикантом (главы 2 и 4)," С. М. Федоровым (главы 6 и 18) и В. И. Цветковым (главы 1 и 20).

Авторы приносят благодарность А. В. Нетушилу и Б. П. Рязанову за полезные замечания, сделанные при просмотре рукописи третьего издания.

В четвертом издании исправлены замеченные опечатки и неточности.

Авторы

Скачать книгу Бесекерский В. А., Герасимов А. Н., Порфирьев Л. Ф., Фабрикант Е. А., Федоров С. М., Цветков В. И. **Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления**. Под редакцией В. А. Бесекерского, издание четвертое, стереотипное, Москва, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1972