

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	6
1.1. Виды автоматического управления .....	6
1.2. Классификация систем автоматического управления .....	15
<b>2. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	27
2.1. Математическое представление сигналов.....	27
2.2. Понятие о статических и динамических характеристиках САУ .....	30
2.3. Уравнения динамики САУ.....	34
2.4. Решение дифференциальных уравнений САУ операторным методом .....	36
2.5. Составление разностных уравнений и их решение.....	37
2.6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений численными методами.....	38
<b>3. ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ И СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	43
3.1. Типовые динамические звенья.....	43
3.2. Операторные уравнения и выходные характеристики динамических звеньев .....	44
3.3. Передаточные функции динамических звеньев.....	56
3.4. Частотные характеристики динамических звеньев.....	57
3.5. Неминимально-фазовые звенья .....	64
3.6. Логарифмические частотные характеристики динамических звеньев .....	66
3.7. Импульсные характеристики динамических звеньев.....	71
3.8. Структурные схемы и их преобразования .....	73
3.9. Построение структурных схем .....	79
3.10. Составление операторных уравнений и передаточных функций системы .....	81
3.11. Структурные схемы установившегося движения.....	84
3.12. Частотные характеристики САУ .....	89
<b>4. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	93
4.1. Общие положения .....	93
4.2. Анализ статических характеристик.....	94
4.3. Статические характеристики систем управления с нелинейными звеньями .....	99
<b>5. УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ</b> .....	104

5.1.	Общие положения .....	104
5.2.	Алгебраические критерии устойчивости Рауса и Гурвица .....	107
5.3.	Критерий Найквиста .....	108
5.4.	Критерий Михайлова .....	112
5.5.	Условия устойчивости замкнутой системы, основанные на использовании логарифмических частотных характеристик .....	114
5.6.	Устойчивость САУ с запаздыванием .....	115
5.7.	Исследование устойчивости методом корневого годографа .....	117
5.8.	Выделение областей устойчивости .....	121
5.9.	Структурная устойчивость САУ .....	124
5.10.	Прямой метод исследования устойчивости А.М.Ляпунова .....	127
<b>6.</b>	<b>КАЧЕСТВО СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ИХ СТРУКТУР .....</b>	<b>131</b>
6.1.	Показатели качества регулирования .....	131
6.2.	Метод распределения корней .....	133
6.3.	Интегральные методы .....	136
6.4.	Постановка задач формирования структур САУ .....	140
6.5.	Выбор структуры системы стабилизации скорости .....	142
6.6.	Выбор структуры системы управления пуско-тормозными режимами .....	145
6.7.	Выбор структуры системы управления положением .....	147
6.8.	Математическая постановка задачи оптимального управления .....	150
6.9.	Принцип максимума .....	154
6.10.	Магистральный метод оптимального управления .....	165
6.11.	Метод динамического программирования .....	168
6.12.	Формирование управления как обратная задача динамики .....	176
<b>7.</b>	<b>СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>178</b>
7.1.	Вводные замечания .....	178
7.2.	Синтез регуляторов методом логарифмических частотных характеристик .....	178
7.3.	Последовательная оптимизация контуров управления (подчиненное регулирование) .....	195
7.4.	Синтез регуляторов методом распределения корней .....	208
7.5.	Синтез многомерных систем .....	213
<b>8.</b>	<b>ЛИНЕЙНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ И ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>232</b>
8.1.	Вводные замечания .....	232
8.2.	Математические основы анализа динамики импульсных систем .....	233

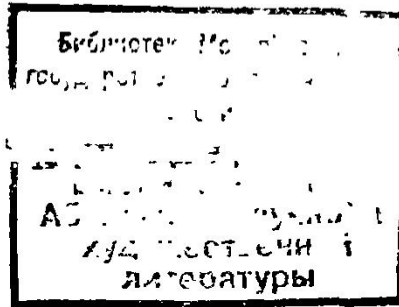
8.3. Импульсная теорема.....	238
8.4. Передаточные функции импульсных систем.....	239
8.5. Частотные характеристики импульсных систем.....	240
8.6. Устойчивость импульсных САУ .....	241
8.7. Особенности анализа и синтеза импульсных САУ .....	244
8.8. Синтез цифровых систем .....	245
<b>9. СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ САУ .....</b>	<b>263</b>
9.1. Основные понятия и определения.....	263
9.2. Корреляционная функция .....	265
9.3. Спектральная плотность.....	268
9.4. Преобразование случайных сигналов линейными системами.....	270
<b>10. НЕЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>272</b>
10.1. Особенности нелинейных систем и типы нелинейностей .....	272
10.2. Методы исследования нелинейных систем .....	275
10.3. Метод фазовой плоскости.....	276
10.4. Метод точечных преобразований.....	286
10.5. Критерий абсолютной устойчивости В.М.Попова.....	288
10.6. Метод гармонической линеаризации .....	290
10.7. Определение существования параметров и устойчивости автоколебаний .....	295
10.8. Особенности синтеза нелинейных систем .....	298
10.9. Случайные процессы в нелинейных САУ .....	303
10.10. Расчет переходных процессов в нелинейных системах .....	306
<b>11. СИНТЕЗ СИСТЕМ, ИНВАРИАНТНЫХ К ВНУТРЕННИМ И ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ.....</b>	<b>311</b>
11.1. Общие сведения .....	311
11.2. Методы оценки чувствительности .....	312
11.3. Синтез грубых систем с жесткой структурой регулятора .....	313
11.4. Синтез наблюдающих устройств .....	322
11.5. Адаптивные системы .....	328
11.6. Беспорисковые адаптивные системы управления .....	330
11.7. Поисковые системы адаптивного управления.....	338
11.8. Применение нечеткой логики для синтеза систем управления .....	340
11.9. Применение искусственной нейронной сети в качестве управляющего устройства .....	345
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>349</b>

68.5  
А.73

**В.Л.Анхимюк, О.Ф.Опейко, Н.Н. Михеев**

# **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Допущено Министерством образования  
Республики Беларусь в качестве учебного  
пособия для студентов электротехнических  
специальностей высших учебных заведений*



Минск  
Издательство «Дизайн ПРО»  
2000

УДК 621.52  
ББК 32.965я7  
А73

Рецензенты: кафедра автоматического управления БГУИР, зав. каф.  
доктор техн. наук, профессор А.П.Кузнецов

**Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф., Михеев Н.Н.**

**А73** Теория автоматического управления. — Мн.: Дизайн ПРО, 2000. — 352 с.: ил.  
ISBN 985-452-022-6

Изложены основы теории автоматического управления. Описан математический аппарат исследования систем автоматического управления, рассмотрены динамические звенья, структурные схемы и статические характеристики САУ.

Особое внимание уделено анализу и синтезу регулируемых электромеханических систем, рассмотрены современные методы синтеза систем с использованием новой элементной базы.

Для студентов электротехнических специальностей ВУЗов, может быть использовано специалистами для самостоятельного изучения теории управления с целью ее применения в задачах инженерного проектирования и исследовательских разработках.

Гос. заказ

УДК 621.52  
ББК 32.965я7

ISBN 985-452-022-6

© В.Л.Анхимюк, О.Ф.Опейко,  
Н.Н.Михеев, 2000  
© Оформление — Издательство  
«Дизайн ПРО», 2000