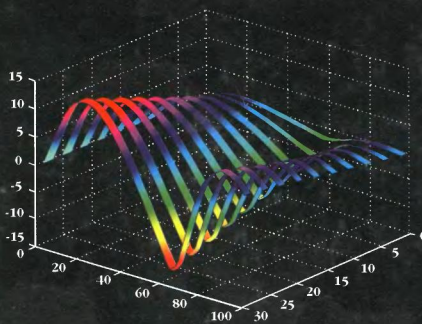




Ч. ФИЛЛИПС, Р. ХАРВОР

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

АВТОМАТИКА



FEEDBACK CONTROL SYSTEMS

Fourth Edition

Charles L. Phillips


*Professor Emeritus of Electrical Engineering
Auburn University
Auburn, Alabama*

Royce D. Harbor

*Professor Emeritus of Computer Science
University of West Florida
Pensacola, Florida*



**Prentice Hall
Upper Saddle River
New Jersey 07458**

ТЕХНИЧЕСКИЙ  **УНИВЕРСИТЕТ**

Ч. ФИЛЛИПС, Р. ХАРБОР

**СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ
С ОБРАТНОЙ
СВЯЗЬЮ**

**Перевод с английского
Б. И. Копылова**



**Москва
Лаборатория Базовых Знаний
2001**

УДК 62-52
Ф 53
ББК 32.965

Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 — 616 с.: ил.

В книге излагаются фундаментальные вопросы, традиционно изучаемые в рамках дисциплины «Теория автоматического управления» студентами технических вузов. Рассматриваются методы анализа и синтеза линейных непрерывных и дискретных систем автоматического управления, проблемы анализа переходных режимов, устойчивости замкнутых систем, аналитического проектирования наблюдателей состояния. Также в книге представлены методы анализа нелинейных систем.

Книга содержит большое количество примеров и задач, иллюстрирующих основной материал.

Студентам, преподавателям и аспирантам высших учебных заведений, а также инженерам, занимающимся проектированием систем управления.

По вопросам приобретения обращаться:

В Москве

«Лаборатория Базовых Знаний» (095) 955-03-98, e-mail: lbz@aha.ru

В Санкт-Петербурге

«Диалект» (812) 247-93-01, e-mail: dialect@sndlct.ioffe.rssi.ru

Издание на русском языке

© Лаборатория Базовых Знаний, 2001

Original English language title:

Feedback Control Systems, Fourth Edition

by **Charles L. Phillips, Royce D. Harbor**, © 2000

Опубликовано по соглашению

с издательством PRENTICE HALL, INC.,

a Pearson Education Company

ISBN 0-13-949090-6
ISBN 5-93208-039-6

Содержание

Предисловие	10
1. Введение	13
1.1. Проблема управления	15
1.2. Примеры систем управления	17
1.3. Краткая история управления	19
Литература	22
2. Модели физических систем	23
2.1. Моделирование систем	23
2.2. Электрические цепи	24
2.3. Структурные схемы и графы	31
2.4. Формула Мейсона	33
2.5. Механические системы с линейным перемещением	38
2.6. Механические системы с вращательным движением	42
2.7. Электромеханические системы	44
2.8. Датчики	48
2.9. Система регулирования температуры	53
2.10. Подобные системы	55
2.11. Трансформаторы и зубчатые передачи	57
2.12. Система управления роботом	59
2.13. Идентификация систем	62
2.14. Линеаризация	62
2.15. Заключение	64
Литература	64
Задачи	65
3. Модели в переменных состояниях	72
3.1. Моделирование в переменных состояниях	73
3.2. Схемы моделирования	75
3.3. Решение уравнений состояния	82
3.4. Передаточные функции	88
3.5. Преобразования подобия	90
3.6. Цифровое моделирование	96
3.7. Программное обеспечение	101
3.8. Аналоговое моделирование	101
3.9. Заключение	104
Литература	104
Задачи	104

4. Временные и частотные характеристики систем	113
4.1. Временные характеристики систем первого порядка	114
4.2. Временные характеристики систем второго порядка	118
4.3. Требования к временным характеристикам при синтезе системы	121
4.4. Частотные характеристики систем	126
4.5. Масштабирование времени и частоты	132
4.6. Характеристики систем более высокого порядка	134
4.7. Понижение порядка моделей	138
4.8. Заключение	139
Литература	139
Задачи	139
5. Характеристики систем управления	145
5.1. Замкнутая система управления	146
5.2. Устойчивость	150
5.3. Чувствительность	153
5.4. Компенсация возмущений	157
5.5. Точность в установившемся режиме	162
5.6. Переходный процесс	170
5.7. Частотные характеристики замкнутой системы	171
5.8. Заключение	172
Литература	173
Задачи	173
6. Анализ устойчивости	181
6.1. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица	183
6.2. Корни характеристического уравнения	191
6.3. Исследование устойчивости путем моделирования	192
6.4. Заключение	193
Задачи	193
7. Анализ и синтез с помощью корневого годографа	199
7.1. Основы метода корневого годографа	199
7.2. Некоторые свойства корневого годографа	203
7.3. Дополнительные свойства корневого годографа	207
7.4. Некоторые особенности корневого годографа	220
7.5. Другие конфигурации	223
7.6. Синтез с помощью корневого годографа	225
7.7. Синтез регулятора с опережением по фазе	228
7.8. Аналитическое проектирование регулятора с опережением по фазе	229
7.9. Синтез регулятора с отставанием по фазе	234
7.10. Синтез ПИД-регулятора	238
7.11. Аналитическое проектирование ПИД-регулятора	241
7.12. Дополнительный корневой годограф	245

7.13. Реализация регулятора	248
7.14. Заключение	251
Литература	252
Задачи	252
8. Анализ в частотной области	260
8.1. Частотные характеристики	260
8.2. Диаграммы Боде	265
8.3. Остальные составляющие	275
8.4. Критерий Найквиста	281
8.5. Применение критерия Найквиста	288
8.6. Относительная устойчивость и диаграмма Боде	299
8.7. Частотные характеристики замкнутых систем	312
8.8. Заключение	318
Литература	318
Задачи	319
9. Синтез в частотной области.	327
9.1. Требования к системе управления	327
9.2. Коррекция	332
9.3. Коррекция путем изменения коэффициента усиления	334
9.4. Коррекция с отставанием по фазе	338
9.5. Коррекция с опережением по фазе	343
9.6. Аналитический метод синтеза регулятора	346
9.7. Коррекция с отставанием и опережением по фазе	355
9.8. Синтез ПИД-регулятора	359
9.9. Аналитический метод синтеза ПИД-регулятора	364
9.10. Реализация ПИД-регулятора	368
9.11. Программные средства синтеза в частотной области	371
9.12. Заключение	371
Литература	373
Задачи	373
10. Проектирование систем с помощью современной теории управления	382
10.1. Синтез путем размещения полюсов	383
10.2. Формула Аккермана	386
10.3. Оценка состояния	390
10.4. Характеристики замкнутой системы	396
10.5. Наблюдатели пониженного порядка	401
10.6. Управляемость и наблюдаемость	407
10.7. Системы при наличии входных воздействий	411
10.8. Заключение	420
Литература	421
Задачи	421