



## АВТОКОЛЕБАНИЯ В СИСТЕМАХ С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

*П.С. Ланда*

© Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009  
Изд. 2-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 360 с.  
ISBN 978-5-397-01090-0

В книге излагаются основные методы исследования автоколебательных систем с сосредоточенными параметрами; приводится множество примеров как иллюстрирующих работу этих методов, так и представляющих самостоятельный научный и практический интерес.

Рассматриваются динамические и статистические процессы, происходящие в автоколебательных системах с одной и более степенями свободы. Изложение ведется в основном на примерах механических и радиофизических систем, однако приводятся и некоторые примеры автоколебаний в биологических и химических системах.

Книга предназначена для специалистов в области теории нелинейных колебаний, научных работников и инженеров, занимающихся исследованием и использованием автоколебательных систем, а также для аспирантов и студентов старших курсов механико-математических и физических факультетов университетов, специализирующихся в области теории колебаний.

### Оглавление

#### Предисловие

#### ВВЕДЕНИЕ

#### Глава I. Общие свойства автоколебательных систем

1. Определение и примеры автоколебательных систем.
2. Фазовая плоскость.
3. Мягкое и жесткое возбуждение колебаний.

#### Глава II. Устойчивость стационарных состояний линейных и нелинейных колебательных систем

1. Устойчивость по Ляпунову. Критерий Рауса–Гурвица.
2. Второй метод Ляпунова. Функция Ляпунова.

## ЧАСТЬ I. АВТОКОЛЕБАНИЯ В КВАЗИКОНСЕРВАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

### **Глава III. Основные методы исследования автоколебаний в системах, близких к консервативным**

1. Метод малого параметра. 2. Метод ван дер Поля. 3. Асимптотический метод Крылова–Боголюбова. 4. Метод усреднения. 5. Метод усреднения в системах, содержащих быстрые и медленные движения. 6. Метод эквивалентной линеаризации.

### **Глава IV. Автономные автоколебательные системы с одной степенью свободы**

1. Уравнения колебаний в системах с одной степенью свободы. Условия самовозбуждения. Мягкий и жесткий режим генерации. 2. Уравнения для амплитуды и фазы. Стационарные состояния и их устойчивость. 3. Переходной процесс.

### **Глава V. Внешние воздействия на автоколебательные системы с одной степенью свободы**

1. Явление синхронизации на основном тоне. 2. Режим биений при выходе из области синхронизации на основном тоне. Асинхронное подавление автоколебаний. 3. Синхронизация на унтертонах (субгармониках). 4. Синхронизация на обертонах (гармониках). 5. Воздействие внешней силы на генератор с жестким возбуждением. Асинхронное возбуждение автоколебаний. 6. Синхронизация генератора при модуляции его собственной частоты.

### **Глава VI. Автоколебательные системы с инерционной нелинейностью**

1. Некоторые схемы генераторов с инерционной нелинейностью и основные уравнения. 2. Стационарные состояния и их устойчивость. 3. Воздействие внешней силы на генератор с инерционной нелинейностью. 4. Пример химической системы, аналогичной генератору с инерционной нелинейностью. 5. Вибрационные машины.

### **Глава VII. Автоколебательные системы с двумя степенями свободы**

1. Генератор с дополнительным колебательным контуром. 2. Два связанных генератора. 3. Взаимная синхронизация двух связанных генераторов с близкими частотами при слабой связи. 4. Взаимная синхронизация двух связанных генераторов при сильной связи. 5. Синхронизация генераторов с кратными частотами. 6. Синхронизация двух генераторов с разными частотами при параметрическом воздействии внешней силы.

### **Глава VIII. Автоколебательные системы с тремя и более степенями свободы**

1. Синхронизация трех связанных генераторов при близких частотах. 2. Синхронизация трех связанных генераторов на комбинационных частотах. 3. Синхронизация  $N$  связанных генераторов с близкими частотами. 4. Синхронизация  $N$  связанных генераторов при параметрическом воздействии внешней силы. 5. Синхронизация маятниковых часов, висящих на общей балке. 6. Автоколебания роторов.

## ЧАСТЬ II. СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ В КВАЗИЛИНЕЙНЫХ И КВАЗИКОНСЕРВАТИВНЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

### **Глава IX. Основные методы исследования случайных воздействий на автоколебательные системы**

1. Флуктуационные уравнения. 2. Метод линеаризации и корреляционная теория. 3. Квазистатистический метод. 4. Процессы Маркова. Метод уравнения Эйнштейна–Фоккера–Планка. 5. Методы решения задач, связанных с достижением границ.

## **Глава X. Естественные и технические флуктуации в ламповых генераторах**

1. Источники флуктуаций в генераторе и флуктуационные уравнения. 2. Естественные флуктуации. Корреляционное приближение. 3. Естественные флуктуации у порога генерации. 4. Технические флуктуации. 5. Исследование устойчивости стационарных состояний при наличии случайных воздействий.

## **Глава XI. Синхронизация генератора при наличии случайных возмущений**

1. Синхронизация генератора узкополосной случайной силой. 2. Синхронизация генератора на основном тоне (корреляционное приближение). 3. Синхронизация генератора на основном тоне при малой амплитуде внешней силы. 4. Синхронизация генератора на обертонах и унтертонах внешней силы.

## **Глава XII. Флуктуации в автоколебательных системах с полутора и более степенями свободы**

1. Флуктуации в генераторах с инерционной нелинейностью. 2. Флуктуации в системе двух связанных генераторов. 3. Флуктуации в системе трех и более связанных генераторов.

## **ЧАСТЬ III. РЕЛАКСАЦИОННЫЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

### **Глава XIII. Общие методы исследования автоколебательных систем. Методы исследования релаксационных систем**

1. Метод точечных отображений. 2. Метод электрического моделирования. 3. Метод усреднения для релаксационных систем. 4. Асимптотический метод Дородницына.

### **Глава XIV. Некоторые примеры релаксационных систем**

1. Исследование автоколебаний в модели гликолиза. 2. Синхронизация тиратронного генератора внешней силой. 3. Взаимная синхронизация двух тиратронных генераторов. 4. Взаимная синхронизация двух релаксационных генераторов, описываемых уравнениями Релея. 5. Взаимная синхронизация многих релаксационных генераторов.

## **Приложения**

Приложение I. Некоторые методы построения функций Ляпунова

Приложение II. Методы исследования автоколебаний в квазиконсервативных системах

Приложение III. Расчет корреляционной функции колебаний

Приложение IV. Вывод формулы Найквиста

Приложение V. Вывод формулы Шоттки

Приложение VI. Приближенное определение параметров предельного цикла в модели гликолиза для релаксационного режима

## **Литература**