

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Глава 1	
Основы теории динамических систем	17
1.1. Введение	17
1.2. Динамическая система и ее математическая модель	18
1.2.1. Классификация динамических систем	18
1.2.2. Предельные множества динамической системы	20
1.2.3. Автоколебательные системы	22
1.2.4. Фазовые портреты динамических систем	24
1.3. Устойчивость фазовых траекторий	29
1.3.1. Линейный анализ устойчивости	30
1.3.2. Устойчивость состояний равновесия	33
1.3.3. Устойчивость периодических решений	34
1.3.4. Устойчивость квазипериодических и хаотических решений	36
1.3.5. Устойчивость фазовых траекторий в системах с дискретным временем	37
1.4. Бифуркации динамических систем, катастрофы	39
1.4.1. Бифуркации состояний равновесия	41
1.4.2. Бифуркации предельных циклов	45
1.4.3. Нелокальные бифуркации. Гомоклинические траектории и структуры	49
1.5. Аттракторы динамических систем. Детерминированный хаос	52
1.5.1. Регулярные аттракторы	54
1.5.2. Грубые гиперболические хаотические аттракторы	55
1.5.3. Квазигиперболические аттракторы. Аттракторы типа Лоренца	57
1.5.4. Негиперболические хаотические аттракторы	57
1.5.5. Странные нехаотические и хаотические нестранные аттракторы	58
1.6. Выводы	59



Глава 2

Автоколебательные системы с одной степенью свободы: осциллятор

Ван дер Поля, генератор с жестким возбуждением	62
2.1. Введение	62
2.2. Примеры автоколебательных систем, описываемых уравнением осциллятора с нелинейной диссипацией	62
2.2.1. Маятник Фруда	62
2.2.2. Закрепленный грузик на движущейся ленте	65
2.2.3. Ламповый генератор с колебательным контуром в цепи сетки	66
2.2.4. RC -генератор с мостом Вина	67
2.2.5. Колебательный контур с активным нелинейным элементом	69
2.3. Исследование динамики осциллятора Ван дер Поля	71
2.3.1. Состояния равновесия и анализ устойчивости	72
2.3.2. Квазигармонические автоколебания. Энергетический метод Теодорчика	74
2.3.3. Квазигармонические автоколебания. Метод усреднения Ван дер Поля. Укороченные уравнения для амплитуды и фазы	77
2.3.4. Релаксационные автоколебания	80
2.4. Исследование динамики генератора с жестким возбуждением	84
2.4.1. Типы состояний равновесия	84
2.4.2. Укороченные уравнения для амплитуды и фазы генератора с жестким возбуждением	86
2.4.3. Бифуркационная диаграмма генератора с жестким возбуждением	87
2.5. Выводы	90

Глава 3

Автоколебательные системы с полутора и двумя степенями свободы .

3.1. Введение	92
3.2. Генератор Теодорчика	93
3.3. Модификация генератора с инерционной нелинейностью. Генератор Анищенко—Астахова	99
3.3.1. Периодические режимы автоколебаний и их бифуркации	100
3.3.2. Бифуркации удвоения периода. Универсальность Фейгенбаума	109
3.3.3. Хаотический аттрактор и гомоклинические траектории в генераторе	113
3.4. Генератор Чуа	118
3.4.1. Состояния равновесия системы Чуа	120
3.4.2. Гомоклинические траектории и аттракторы системы Чуа	122
3.5. Генераторы квазипериодических колебаний. Цепь Чуа	126

3.6. Генератор квазипериодических колебаний с двумя независимыми частотами. Бифуркация удвоения тора	131
3.6.1. Бифуркационная диаграмма системы	134
3.6.2. Бифуркация удвоения двумерного тора	135
3.7. Выводы	137

Глава 4

Синхронизация автоколебаний	143
4.1. Введение	143
4.2. Синхронизация периодических автоколебаний	145
4.2.1. Внешняя синхронизация генератора Ван дер Поля. Укороченные уравнения для амплитуды и фазы	146
4.2.2. Взаимная синхронизация. Бифуркационные механизмы эффектов синхронизации и гашения в диссипативно связанных генераторах Ван дер Поля	166
4.3. Синхронизация квазипериодических колебаний	178
4.3.1. Резонансный предельный цикл на двумерном торе	179
4.3.2. Воздействие внешней периодической силы на резонансный предельный цикл в системе связанных генераторов	183
4.3.3. Основные бифуркации квазипериодических режимов при синхронизации резонансного предельного цикла	185
4.3.4. Фазовая синхронизация системы связанных генераторов Ван дер Поля внешним гармоническим сигналом	192
4.3.5. Синхронизация двухчастотных колебаний в автогенераторе квазипериодических колебаний	200
4.4. Синхронизация хаоса	207
4.4.1. Частотно-фазовая синхронизация хаотических автоколебаний	208
4.4.2. Полная синхронизация взаимодействующих хаотических систем	221
4.4.3. Количественные характеристики степени синхронности хаотических автоколебаний	225
4.5. Выводы	229

Глава 5

Флуктуации в автоколебательных системах	238
5.1. Введение	238
5.2. Основы теории случайных процессов	241
5.2.1. Основные характеристики случайных процессов	241
5.2.2. Основы теории марковских процессов	252
5.2.3. Стохастические дифференциальные уравнения (СДУ)	256



5.3. Флуктуации в автономном квазигармоническом генераторе	258
5.3.1. Стохастические уравнения квазигармонического автогенератора	258
5.3.2. Флуктуации амплитуды автоколебаний	261
5.3.3. Случайная фаза автоколебаний	262
5.3.4. Автокорреляционная функция и спектр автоколебаний в присутствии шума	264
5.4. Методы измерения флуктуаций автогенераторов	267
5.5. Обобщение спектрально-корреляционной теории флуктуаций на случай генераторов спирального хаоса	275
5.5.1. Численное исследование детерминированных хаотических автоколебаний в режиме спирального хаоса	276
5.5.2. Влияние белого шума на хаотические автоколебания в режиме спирального аттрактора	281
5.5.3. Исследование динамики мгновенной фазы и спектральных характеристик автогенератора со спиральным аттрактором в натурном эксперименте	282
5.6. Синхронизация автоколебаний в присутствии шума	284
5.6.1. Вынужденная синхронизация зашумленных автоколебаний гармонической внешней силой	284
5.6.2. Взаимная синхронизация квазигармонических автогенераторов в присутствии шума	291
5.6.3. Синхронизация хаотических автоколебаний в присутствии шума	294
5.6.4. Синхронизация автоколебаний узкополосным шумом	295
5.7. Выводы	299
Приложения	306
П.1. Преобразование источников шума в автогенераторе	306
П.2. Получение выражения для автокорреляционной функции колебаний генератора с шумом	309