

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Национальный исследовательский университет

В.Д. Шалфеев, В.В. Матросов

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА СИСТЕМ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Монография

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского госуниверситета
2013

УДК 621.391.01
ББК В 236.352+236.355
Ш 18

Шалфеев В.Д., Матросов В.В. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации: Монография. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. – 366 с.

ISBN 978-5-91326-201-1

В монографии исследуется динамика базовых моделей систем автоматической синхронизации с управлением по фазе и частоте. Детально описываются режимы синхронизации и области параметров, соответствующие этим режимам. Рассматриваются асинхронные режимы, как регулярные, так и хаотические. Анализируются особенности коллективной динамики связанных систем и некоторые приложения.

Для научных работников и инженеров, занимающихся проблемами синхронизации, аспирантов и студентов, специализирующихся в области радиофизики, прикладной математики, математического моделирования.

ISBN 978-5-91326-201-1

ББК В 236.352+236.355

Печатается по решению Ученого совета ННГУ

© В.Д. Шалфеев, В.В. Матросов, 2013
© Нижегородский госуниверситет
им. Н.И. Лобачевского, 2013

Оглавление

Глава 1

- Вводные замечания. Синхронизация в природе и технике** 7
- Синхронизация – базовое понятие теории нелинейных колебаний. Вклад представителей Нижегородского университета в исследование синхронизации. Тенденции развития теории синхронизации. Замечания по терминологии.*

Глава 2

- Базовая модель системы автоматической фазовой синхронизации** 23
- Структурная схема и базовая модель системы ФАП. Модель системы ФАП с фильтром второго порядка. Система ЧАП. Динамика модели ФАП первого порядка. Динамика модели ЧАП первого порядка.*

Глава 3

- Динамика типовых моделей систем фазовой синхронизации с фильтрами первого порядка** 30
- ФАП с интегрирующим фильтром. ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром.*

Глава 4

- Динамика системы фазовой синхронизации с кольцами управления по фазе и частоте** 38
- Модели системы ЧФАП. Динамика системы ЧФАП с малоинерционным частотным кольцом управления. Динамика системы ЧФАП при произвольных, но равных постоянных времени фильтров в цепях управления. Некоторые особенности ЧФАП в случае произвольных постоянных времени фильтров.*

Глава 5

Динамика системы фазовой синхронизации с фильтром второго порядка в цепи управления 61

О динамике модели ФАП с фильтром второго порядка. Динамика системы ФАП с фильтром типа $[0/2]$ при нулевой частотной расстройке. Влияние начальной частотной расстройки. Особенности динамики системы ФАП с фильтром типа $[2/2]$. Роль нелинейной характеристики фазового дискриминатора. Анализ областей существования асинхронных режимов. Динамические режимы системы ФАП с фильтром второго порядка. Некоторые итоги исследования. Динамика системы ЧФАП с фильтром второго порядка.

Глава 6

Динамика моноимпульсной системы фазовой синхронизации 100

Модели системы ФАП с фильтрами верхних и нижних частот в цепи управления. Случай кусочно-линейной характеристики фазового детектора. Случай синусоидальной характеристики фазового детектора. Особенности работы системы ФАП с разделительным конденсатором в цепи управления.

Глава 7

Статистическая динамика систем фазовой синхронизации 111

Исследование статистической динамики с применением кумулянтного анализа. Статистическая динамика системы с идеализированным фильтром. Статистическая динамика системы ФАП с интегрирующим фильтром.

Глава 8

Коллективная динамика каскадного соединения двух фазовых систем 128

Взаимосвязанные системы ФАП. Модели каскадного соединения. О динамических режимах ансамблей фазовых систем. Динамика двух каскадно связанных ФАП без фильтров в цепях управления. Влияние фильтров. Влияние связей на синхронные режимы. Влияние связей на автоколебательные режимы. Динамика ансамбля связанных ФАП с фильтрами первого порядка. Сценарии развития динамических режимов. О возбуждении хаоса. Поведение ансамбля из двух систем ФАП со сложной динамикой. Анализ областей хаотических колебаний. Анализ

областей существования автомодуляционных режимов. Результаты физических экспериментов.

Глава 9

Коллективная динамика параллельного соединения двух фазовых систем 196

Модели параллельного соединения систем ФАП. Ансамбль из двух ФАП с малоинерционными цепями управления и слабыми связями. Ансамбль с малоинерционными цепями управления и сильными связями. Влияние параметров фильтров. Ансамбль систем ФАП с фильтрами первого порядка. Анализ областей существования автомодуляционных режимов. Ансамбль систем ФАП с фильтрами второго порядка.

Глава 10

Приложения коллективной динамики фазовых систем – синхронизация хаотически модулированных колебаний и передача информации 230

Приложения коллективной динамики. Синхронизация хаотических колебаний. Синхронизация хаотических колебаний в двух однонаправленно связанных системах ФАП. Динамические характеристики режимов хаотической синхронизации. Области существования режима хаотической синхронизации. Синхронизация хаотических колебаний, генерируемых каскадным соединением. Использование колец ФАП для синхронизации хаотически модулированных колебаний. Передача бинарного сигнала. Передача аналогового сигнала. Системы ФАП и передача информации с использованием хаоса.

Глава 11

Приложения коллективной динамики фазовых систем – нелинейное фазирование и генерация широкополосных сигналов 262

Фазированные антенные решетки. Схемы нелинейного фазирования. Фазирование на основе синхронизации генераторов общим опорным сигналом. Использование топологии ансамбля ФАП с однонаправленными связями. Использование генераторов с взаимными связями. Использование фазовращателей в цепочке систем ФАП с взаимными связями. Скорость установления градиентных фазовых распределений. Точность фазирования. Управление распределением фаз. Синтез широкополосных и сверхширокополосных сигналов.

Глава 12

- Приложения коллективной динамики частотных систем – структурообразование и задачи обработки изображений** **289**
Цепочки связанных частотных систем. Задача обработки изображений. Формирование структур в решеточных системах. Трансформация изображений в решеточных системах.

Глава 13

- Приложения коллективной динамики частотных систем – структурообразование и задача формирования общественного мнения** **303**
О поведении ансамбля потребителей. Базовая модель поведения покупателя. Динамика модельной системы. Динамика ансамбля. Пространственно-однородные решения. Динамика цепочечных и решеточных моделей ансамблей покупателей.

Глава 14

- Приложения коллективной динамики фазовых систем – нейронная сеть** **324**
Система фазовой синхронизации как динамическая модель нейрона. Разбиение плоскости параметров на области существования различных режимов, характерных для динамики реальных нейронов. Бифуркационные механизмы переходов между режимами. Ансамбль связанных нейроноподобных элементов. Исследование явления синхронизации.

Глава 15

- Вместо заключения** **342**

- Список литературы** **343**