

УДК 621.37:621.391
ББК 32.841
Ш32

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, профессор *А. И. Козлов*;
доктор техн. наук, профессор *А. В. Пестряков*

Шахтарин Б. И., Сидоркина Ю. А., Сизых В. В.

Ш32 Воздействие помех на системы синхронизации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 268 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0533-7.

Рассмотрены процессы, воздействующие на системы синхронизации (СС), содержащие, помимо сигнальной составляющей, аддитивно с ней смешанные шумовые и гармонические помехи. Исследованы как непрерывные процессы и СС, так и их дискретные версии. Приведены динамические и статистические характеристики СС. Результаты исследования получены приближенными аналитическими методами и методами моделирования.

Для специалистов, занимающимся практическими приложениями систем синхронизации, научных работников, будет полезна студентам и аспирантам вузов.

ББК 32.841

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Шахтарин Борис Ильич, **Сидоркина** Юлия Анатольевна,
Сизых Вадим Витальевич
Воздействие помех на системы синхронизации
Монография

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»
www.techbook.ru

© Б. И. Шахтарин, Ю. А. Сидоркина, В. В. Сизых

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Модели стохастической аналоговой ФАП при воздействии гармонической помехи	8
1.1. Модель ФАП n -го порядка при воздействии белого шума и узкополосной помехи	8
1.2. Частные модели ФАП при воздействии белого шума и узко- полосной помехи	21
Глава 2. Анализ статистической динамики аналоговой ФАП на основе численного решения уравнения ФПК ...	29
2.1. Метод суммарной аппроксимации стохастических ДУ ...	29
2.1.1. Введение в методы суммарной аппроксимации	29
2.1.2. Условия суммарной аппроксимации стохастических ДУ .	32
2.1.3. Уравнения ФАП для анализа методом суммарной аппрок- симации	45
2.2. Особенности численного анализа срыва слежения в ФАП с использованием уравнения ФПК с поглощающими гра- ничными условиями	51
2.3. Проекционные методы исследования ФАП 2-го порядка .	57
2.3.1. Метод Галёркина с использованием многочленов Эрмита и функций Хартли	57
2.3.2. Метод, основанный на комбинации проекционного метода (базис из функций Хартли) и метода прямых (сеточного метода)	69
2.3.3. Проекционный метод анализа срыва слежения в системе ФАП с ПИФ	73
2.4. Примеры расчётов	80
Глава 3. Воздействие на ФАП гармонической помехи (усреднение по второй форме) при отсутствии шума	93
3.1. Влияние гармонической помехи на процессы синхрониза- ции в системе первого порядка	93
3.2. Воздействие гармонической помехи на систему второго порядка	102
3.2.1. Модель ФАП	102
3.2.2. Анализ ФАП методом усреднения	104

Глава 4. Воздействие на ФАП гармонической помехи при отсутствии шума	117
4.1. Анализ детерминированной ФАП гармоническим методом (первое приближение)	117
4.2. Основные соотношения метода гармонического баланса (второе приближение)	119
4.3. Соотношение для параметров x_0 , x_1 , ψ предполагаемого решения дифференциального уравнения	123
4.4. Критические значения параметров	126
Глава 5. Воздействие гармонических помех при наличии шума (прицельная помеха)	128
5.1. Постановка задачи	128
5.2. Анализ ФАП при наличии прицельной по частоте помехи (первый вариант)	129
5.3. Плотность распределения вероятностей сигнала рассогласования при наличии прицельной помехи (альтернативный подход [56])	136
Глава 6. Воздействие гармонических помех при наличии шума (первая форма усреднения)	140
6.1. Стохастическая модель системы	140
6.2. Анализ стохастической ФАП первого порядка	142
Глава 7. Статистическая динамика фазовой автоподстройки при воздействии на нее гармонической помехи и шума (вторая форма усреднения)	150
7.1. Усреднение СДУ. Переход к уравнению ФПК	150
7.2. Уравнения ФПК и его решение для ФАП первого порядка	153
7.3. Среднее время до срыва слежения	157
7.4. Среднее значение частотного рассогласования	160
7.5. Вероятность срыва слежения в системе синхронизации	162
Глава 8. Статистическая динамика фазовой автоподстройки второго порядка при воздействии комбинированных помех	164
8.1. Плотность распределения вероятностей, среднее время до срыва слежения и среднее значение частотного рассогласования по методу [23]	164
8.2. Плотность распределения вероятностей, среднее время до срыва слежения и среднее значение частотного рассогласования по методу [36]	166
Глава 9. Срыв синхронизации в системе слежения за задержкой псевдошумового сигнала	171

9.1. Постановка задачи.....	171
9.2. Анализ системы второго порядка.....	171
9.2.1. Модель входного сигнала.....	171
9.2.2. Модель ССЗ.....	173
9.2.3. Среднее время слежения в ССЗ с квадраторами.....	177
9.3. Среднее время до срыва слежения в системе второго порядка.....	181
9.3.1. Приближенное решение уравнение ФПК.....	181
9.3.2. Формула для расчета среднего времени до срыва синхронизации: сопоставление с известными результатами и оптимизация параметров ССЗ.....	185
9.4. Анализ системы третьего порядка.....	188
9.4.1. Приближенное решение уравнения ФПК.....	188
9.4.2. Формула для расчета среднего времени до срыва синхронизации: асимптотика и графические результаты.....	194
Глава 10. Математические модели некоторых типов фазовой автоподстройки с дискретным временем.....	198
10.1. Модель импульсной ФАП.....	199
10.2. Модель цифровой ФАП с равномерной дискретизацией.....	206
10.3. Модель цифровой ФАП с неравномерной дискретизацией.....	211
10.4. Синтез дискретной ФАП на основе калмановской фильтрации.....	216
10.5. Модели цифровых систем синхронизации.....	226
10.6. Исследование статистических характеристик дискретных ФАП методом кумулянтов.....	232
Глава 11. Анализ срыва слежения в непрерывных и дискретных системах фазовой автоподстройки.....	239
11.1. Модель непрерывной ФАП с нелинейным фильтром.....	239
11.2. Срыв слежения в ФАП с нелинейным фильтром.....	244
Литература.....	257