

УДК 621.37:621.391
ББК 32.841
Ш32

Р е ц е н з е н т ы:

д.ф.-м.н., профессор А.И. Козлов;

д.т.н., профессор Н.Н. Удалов

Ш32 **Шахтарин Б.И. и др.**

Синхронизация в радиосвязи и радионавигации: Учебн. пособие / Б.И. Шахтарин, А.А. Иванов, П.И. Кобылкина, М.А. Рязанова, А.А. Самохвалов, Ю.А. Сидоркина, А.А. Тимофеев. — М.: Горячая линия — Телеком, 2011. — 256 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0177-3

Представлены устройства синхронизации, используемые в радиосвязи и радионавигации. На основе моделей Стратоновича анализируется помехоустойчивость систем амплитудной, частотной и фазовой манипуляций (телеграфии). Рассматривается синхронизация в широкополосных системах. Приводятся статистические характеристики цифровых систем синхронизации при наличии шумовых и гармонических помех.

Для студентов высших технических учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов по радиотехническим специальностям. Может быть полезна аспирантам, работникам научно-исследовательских организаций, занимающихся практическими приложениями систем синхронизации.

ББК 32.841

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

© Коллектив авторов

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Устройства синхронизации в системах связи	6
1.1. Типы систем связи	6
1.2. Цифровые системы связи с узкополосной модуляцией	7
1.3. Детектирование сигналов ЧМ	16
1.4. Когерентное детектирование сигналов ФМ	20
1.5. Использование синхронизации в демодуляторах систем связи	26
Глава 2. Применение цифровых систем синхронизации в радионавигации	35
2.1. Структура радионавигационных сигналов	35
2.2. Структура навигационных сообщений	36
2.3. Принципы определения местоположения по радионавигационным сигналам	37
2.4. Принципы построения навигационной аппаратуры потребителей	39
2.5. Алгоритмы первичной обработки сигналов	45
Глава 3. Квазиоптимальный прием сигналов амплитудной, частотной и фазовой телеграфии (манипуляции)	50
3.1. Амплитудная телеграфия	50
3.2. Частотная телеграфия	55
3.3. Фазовая телеграфия	57
Глава 4. Статистический анализ цифровых систем синхронизации	66
4.1. Основные типы ЦСС с пошаговой коррекцией фазы	66
4.2. Математические модели ЦСС	74
4.3. Статистический анализ ЦСС	90
4.4. Динамические свойства ЦСС	108
4.5. Спектральные характеристики систем	114
4.6. Сравнительный анализ схем	116
4.7. Энергетический спектр сигнала ошибки синхронизации ...	117
Глава 5. Широкополосные сигналы и системы	123

5.1. Основные сведения о широкополосных сигналах	124
5.2. Системы связи с ШПС	129
5.3. Синхронизация в системах с ШПС	133
Глава 6. Оптимальные приемники широкополосных сигналов	146
6.1. Синтез системы фильтрации ПСП	146
6.2. Оптимальная фильтрация ПСП с флуктуирующей скоростью изменения задержки	151
6.3. Оптимальный прием фазоманипулированных сигналов (2-ФМ) (первый случай)	156
6.4. Оптимальный приемник фазоманипулированных сигналов (2-ФМ) (второй случай: при учете флуктуаций частоты) .	162
6.5. Синтез приемника фазоманипулированного ПСП сигнала при флуктуирующих фазе, задержке и амплитуде	167
Глава 7. Фазовая и частотная синхронизации с коррекцией ИХ канала в OFDM-системе	172
7.1. Проблема нарушения синхронизации	173
7.2. Идея системы синхронизации	175
7.3. Статистические параметры фазового шума	176
7.4. Оптимальный алгоритм оценки параметров	178
7.5. Квазиоптимальный алгоритм оценки параметров	179
7.6. Упрощённый алгоритм оценки	181
Глава 8. Схема Костаса в условиях наличия непрерывного источника помех и аддитивного шума	183
Глава 9. Синхронизация хаотических колебаний в нелинейных динамических системах	196
9.1. Синхронизация хаотических колебаний в ведущей и ведомой системах с помощью методов оптимальной нелинейной фильтрации	197
9.2. Синхронизация хаотических колебаний в нелинейных динамических системах на основе хаотического синхронного отклика	223
Приложения	240
П1. Система со многими поднесущими, основанная на быстром преобразовании Фурье	240
П2. Синхронизация в системе со многими поднесущими	243
Литература	249