

# Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	3
<b>1. Беспроводные сети связи</b> .....	6
1.1. Модель OSI-7 для сетей радиосвязи .....	7
1.1.1. Сетевой уровень .....	10
1.1.2. Канальный уровень .....	16
1.1.3. Физический уровень .....	25
1.2. Радиointерфейс .....	30
1.3. Состав сети радиосвязи .....	34
1.3.1. Компоненты сети .....	35
1.3.2. Нормативные документы .....	38
<b>2. Цифровые сигналы</b> .....	41
2.1. Общие характеристики цифрового сигнала .....	42
2.1.1. Цифровой сигнал во временной и частотной области .....	42
2.1.2. Дискретное представление цифрового сигнала .....	48
2.1.3. Параметры цифрового сигнала .....	51
2.2. Цифровые сигналы с ограниченной длительностью импульса .....	54
2.2.1. Бинарные сигналы .....	54
2.2.2. Многоуровневые сигналы .....	59
2.3. Цифровые сигналы с ограниченным спектром .....	62
2.3.1. Искажения сигнала в линейных цепях .....	63
2.3.2. Сигналы без межсимвольной интерференции .....	65
2.3.3. Сигналы с ограниченной межсимвольной интерференцией .....	71
2.3.4. Сигналы с малой межсимвольной интерференцией ..	73
2.3.5. Рассеяние энергии при межсимвольной интерференции .....	77
<b>3. Узкополосные модулированные сигналы</b> .....	80
3.1. Общее представление модулированного сигнала .....	82
3.1.1. Модулированный сигнал во временной и частотной области .....	82
3.1.2. Параметры модулированного сигнала .....	85
3.1.3. Модуляторы и демодуляторы .....	87
3.1.4. Линейные искажения модулированного сигнала .....	91
3.1.5. Нелинейные искажения модулированного сигнала ..	93
3.2. Амплитудная модуляция .....	98

3.3. Фазовая модуляция .....	101
3.3.1. Общее представление фазо-модулированного сигнала .....	101
3.3.2. Квадратурная модуляция .....	109
3.3.3. Квадратурная сдвиговая модуляция .....	114
3.3.4. Дифференциальная бинарная модуляция .....	115
3.3.5. Дифференциальная модуляция $\pi/4$ -DQPSK .....	116
3.4. Квадратурная амплитудная модуляция .....	121
3.5. Частотная модуляция .....	126
3.5.1. Общее представление частотно-модулированного сигнала .....	127
3.5.2. Частотная модуляция минимального фазового сдвига MSK .....	136
3.5.3. Частотно-модулированные сигналы с уменьшенной шириной спектра .....	139
3.5.4. Модуляторы и приемники частотно-модулированного сигнала .....	143
<b>4. Модулированные сигналы с расширенным спектром</b> .....	<b>146</b>
4.1. Сигналы с непосредственным расширением спектра DSSS .....	148
4.2. Сигналы со скачками частоты .....	155
4.2.1. Формирование и использование сигналов FHSS .....	156
4.2.2. Передатчик сигналов FHSS .....	159
4.2.3. Приемник сигналов FHSS .....	163
4.2.4. Синхронизация сигналов FHSS .....	165
4.2.5. Выбор последовательности частот сканирования .....	168
4.3. Широкополосные сигналы с линейным изменением частоты .....	170
4.4. Сверхширокополосные сигналы UWB .....	173
4.5. Многомерные сигналы .....	175
4.5.1. Общая характеристика многомерных сигналов .....	176
4.5.2. Формирование многомерного сигнала .....	179
4.5.3. Многомерная ортогональная модуляция OFDM .....	183
4.5.4. Искажения сигнала OFDM .....	188
4.5.5. Приемопередатчик сигнала OFDM .....	192
<b>5. Синтезатор с фазовой автоподстройкой частоты</b> .....	<b>194</b>
5.1. Функциональная схема и компоненты синтезатора .....	195
5.1.1. Функциональная схема .....	196
5.1.2. Генератор опорной частоты .....	198
5.1.3. Управляемый генератор .....	204
5.1.4. Фазовый детектор .....	207
5.1.5. Фильтр нижних частот .....	211

5.1.6. Делители частоты .....	212
5.2. Основное уравнение и характеристики синтезатора ...	214
5.2.1. Основное уравнение .....	215
5.2.2. Частотные характеристики .....	216
5.2.3. Временные характеристики .....	219
5.2.4. Шумовая характеристика и искажения .....	224
5.3. Режимы работы синтезатора .....	228
5.3.1. Синтезатор с минимальным шумом .....	228
5.3.2. Синтезатор с узкой полосой ФАПЧ .....	229
5.3.3. Синтезатор с широкой полосой ФАПЧ .....	232
5.3.4. Синтезатор в режиме частотного модулятора .....	233
5.3.5. Синтезатор в режиме преобразователя частоты .....	237
<b>6. Модель радиоканала и оптимальный приемник ...</b>	<b>241</b>
6.1. Модели среды распространения радиоволн в мобильной радиосвязи .....	242
6.1.1. Распространение радиоволн в неоднородной среде ...	243
6.1.2. Модель однолучевого радиоканала .....	247
6.1.3. Модели многолучевого радиоканала .....	250
6.1.4. Параметры многолучевого радиоканала .....	253
6.1.5. Плоский фединг .....	256
6.1.6. Частотно-селективный фединг .....	259
6.1.7. Медленный и быстрый фединг .....	261
6.1.8. Оценка фединга в типовом радиоканале .....	263
6.2. Оптимальный приемник сигналов с цифровой модуляцией .....	264
6.3. Функция максимального правдоподобия .....	272
6.3.1. Оптимальный когерентный детектор для радиоканала с белым гауссовым шумом .....	274
6.3.2. Синхронизация оптимального детектора .....	276
6.3.3. Оптимальный некогерентный детектор для радиоканала с белым гауссовым шумом .....	279
6.4. Достоверность приема цифровой информации .....	283
<b>7. Приемник цифровых сигналов .....</b>	<b>288</b>
7.1. Посимвольный оптимальный детектор цифровых сигналов .....	290
7.1.1. Корреляционный детектор .....	290
7.1.2. Детектор согласованной фильтрации .....	294
7.1.3. Достоверность приема бинарного цифрового сигнала .....	298
7.2. Последовательный оптимальный детектор цифровых сигналов .....	300

7.2.1. Детектирование сигналов с памятью .....	302
7.2.2. Детектирование сигналов с межсимвольной интерференцией .....	304
7.2.3. Алгоритм Витерби .....	307
7.3. Тактовая синхронизация цифрового детектора .....	313
7.3.1. Оптимальная тактовая синхронизация и оценка точности .....	313
7.3.2. Тактовая синхронизация по тестовому сигналу .....	315
7.3.3. Тактовая синхронизация по информационному сигналу .....	321
7.3.4. Совместное детектирование и тактовая синхронизация .....	328
<b>8. Приемник модулированных сигналов .....</b>	<b>331</b>
8.1. Когерентный прием .....	332
8.1.1. Приемник амплитудно-модулированного сигнала ....	333
8.1.2. Приемник фазо-модулированных сигналов .....	335
8.1.3. Приемник частотно-модулированных сигналов .....	338
8.1.4. Эффективность различных видов модуляции .....	343
8.1.5. Приемник частотно-модулированных сигналов с непрерывной фазой.....	346
8.2. Некогерентный прием .....	353
8.2.1. Приемник бинарного амплитудно-модулированного сигнала .....	353
8.2.2. Приемник бинарного частотно-модулированного сигнала .....	356
8.2.3. Приемник частотно-модулированного сигнала с детектором мгновенной частоты .....	364
8.2.4. Приемник фазо-модулированного сигнала .....	368
<b>9. Прием модулированных сигналов в условиях фединга .....</b>	<b>372</b>
9.1. Оптимальный приемник в широкополосном многолучевом радиоканале .....	375
9.1.1. Статистика принимаемых сигналов .....	376
9.1.2. Оптимальный приемник .....	380
9.1.3. Достоверность приема информации .....	381
9.2. Технология MIMO в широкополосном многолучевом радиоканале .....	385
9.2.1. Достоверность некогерентного приема в канале SIMO .....	386
9.2.2. Достоверность когерентного приема в канале SIMO .....	391
9.2.3. Достоверность некогерентного приема в канале MISO .....	396
9.2.4. Достоверность некогерентного приема в канале MIMO .....	400
9.3. Прием в многолучевом узкополосном канале .....	402

9.3.1. Оптимальный приемник .....	403
9.3.2. Эквалайзер .....	405
9.3.3. Интерливинг .....	409
<b>10. Стандарты радиоканала мобильной цифровой радио- связи .....</b>	<b>411</b>
10.1. Параметры аналоговых и цифровых радиостанций ...	412
10.2. Основные параметры передатчика .....	416
10.3. Реализация требований стандартов на параметры пере- датчика .....	422
10.4. Основные параметры приемника .....	427
10.5. Реализация требований стандартов на параметры при- емника .....	433
<b>11. Организация каналов и сетей связи .....</b>	<b>439</b>
11.1. Методы разделения каналов связи .....	440
11.2. Методы доступа к каналам связи .....	446
11.2.1. Алгоритмы случайного доступа ALOHA .....	447
11.2.2. Алгоритмы прослушивания канала CSMA .....	450
11.3. Канальное кодирование .....	452
11.3.1. Принципы помехоустойчивого кодирования .....	452
11.3.2. Блочное и сверточное кодирование .....	454
11.3.3. Эффективность кодирования .....	457
11.3.4. Автоматическая повторная передача данных .....	458
11.4. Типы сетей радиосвязи .....	460
11.4.1. Конвенциональная сеть .....	460
11.4.2. Транкинговая сеть .....	461
11.4.3. Сотовая сеть .....	465
11.5. Частотно-территориальное планирование сети связи .	473
11.5.1. Расчет дальности радиосвязи .....	474
11.5.2. Модель сотовой сети .....	482
11.5.3. Интерференция частотных каналов .....	483
11.5.4. Специальные виды сот .....	488
11.5.5. Транкинг и качество обслуживания .....	491
11.6. Управление мобильными абонентами .....	496
<b>Список сокращений .....</b>	<b>501</b>
<b>Список условных обозначений .....</b>	<b>504</b>
<b>Литература .....</b>	<b>507</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>509</b>