

Оглавление

Предисловие	3
Введение. Назначение, области применения и основные характеристики радиопередатчиков	5
В.1. Радиопередатчики в системах радиосвязи	5
В.2. Классификация радиопередатчиков	6
В.3. Основные характеристики радиопередатчиков.....	7
В.4. Функциональные схемы радиопередатчиков	9
В.5. Возбудители радиопередатчиков	11
В.6. Выходные каскады усиления радиопередатчиков	12
В.7. Тенденции развития цифровой радиопередающей техники.....	13
Часть I. Теоретические основы радиопередатчиков	
1. Усилители мощности	15
1.1. Основные элементы и параметры усилителей мощности	15
1.2. Активные элементы в усилителях мощности	17
1.3. Режимы работы активного элемента в усилителях мощности	22
1.4. Усилители мощности на активных диодах.....	24
1.5. Режим работы активного элемента с гармоническим выходным напряжением и отсечкой выходного тока.....	25
1.5.1. Реализация режима с отсечкой выходного тока...	25
1.5.2. Энергетические параметры режимов АЭ.....	28
1.5.3. Нагрузочные характеристики АЭ	31
1.6. Работа активного элемента на повышенных частотах...	31
1.6.1. Особенности работы УМ на повышенных частотах	31
1.6.2. Биполярный транзистор в усилителе мощности...	36
1.6.3. Мощные биполярные транзисторы в УМ.....	38
1.7. Работа активного элемента в усилителях мощности на высоких (сверхвысоких) частотах.....	45
1.7.1. Транзисторные УМ, выполняемые по схеме с ОБ.	46
1.7.2. Полевые транзисторы в УМ	50
1.8. Ключевые режимы работы активного элемента	52
1.8.1. Ключевые режимы с выходным током и напряжением в форме меандра.....	53
1.8.2. Расчет ключевых режимов с колебаниями в форме меандра.....	54

1.8.3. Особенности работы типовых схем ключевых УМ	55
1.9. Цепи питания, смещения и согласования в усилителях мощности	59
1.9.1. Цепи питания	59
1.9.2. Цепь смещения	61
1.9.3. Согласующие цепи узкополосных УМ	64
1.9.4. Согласующие цепи широкополосных УМ	65
1.10. Сложение мощностей в усилителе мощности	67
1.10.1. Параллельное включение активных элементов	67
1.10.2. Двухтактное включение АЭ	70
1.10.3. Мостовое включение АЭ	73
1.10.4. Сложение мощностей в пространстве	81
2. Умножители частоты	84
2.1. Назначение, классификация и основные характеристики умножителя частоты	84
2.2. Транзисторные умножители частоты	85
2.3. Варакторные умножители частоты	87
2.4. Расчет режима работы варактора в умножителе частоты	90
3. Автогенераторы	97
3.1. Общие сведения об автогенераторах	97
3.2. Стационарный режим автоколебаний	99
3.3. Возбуждение колебаний в автогенераторе	101
3.4. Автогенераторы на АЭ с характеристиками S-типа	103
3.5. Стабильность частоты колебаний автогенератора	104
3.5.1. Кратковременная стабильность частоты	104
3.5.2. Долговременная стабильность частоты	106
3.6. Транзисторные автогенераторы	108
3.6.1. Типы схем транзисторных автогенераторов	108
3.6.2. Условия существования стационарного режима и возбуждения колебаний	110
3.6.3. Режим транзистора по постоянному току	111
3.6.4. Практические схемы АГ	113
3.7. Диодные автогенераторы	115
3.7.1. Автогенераторы на туннельных диодах	115
3.7.2. Диодные автогенераторы СВЧ	117
3.7.3. Автогенераторы на диодах Ганна	121
3.7.4. Автогенераторы на лавинно-пролетных диодах	125
3.8. Кварцевая стабилизация частоты в автогенераторах	128
3.8.1. Основные характеристики кварцевого резонатора	128

3.8.2. Транзисторные автогенераторы с кварцевой стабилизацией частоты	131
3.8.3. Кварцевые АГ на туннельных диодах	134
4. Синтезаторы частоты	136
4.1. Основные характеристики синтезаторов частоты	136
4.2. Метод прямого синтеза частот	137
4.3. Методы непрямого синтеза частот	140
4.4. Источники эталонных колебаний синтезаторов	143
4.5. Синтезаторы частоты с ПАВ-элементной базой	144
5. Модуляторы	146
5.1. Методы модуляции	146
5.2. Амплитудная модуляция	148
5.2.1. Показатели и характеристики амплитудной модуляции	148
5.2.2. АМ изменением напряжения питания (коллекторная модуляция)	151
5.2.3. АМ изменением напряжения смещением	154
5.2.4. Комбинированная АМ	156
5.3. Однополосная амплитудная модуляция	157
5.4. Импульсная модуляция	162
5.5. Угловая модуляция	167
5.5.1. Виды угловой модуляции и ее основные характеристики	167
5.5.2. Частотная модуляция	170
5.5.3. Фазовые модуляторы	175
6. Устройства генерации и формирования сигналов СВЧ и оптического диапазонов волн	181
6.1. Клистронные автогенераторы	181
6.1.1. Принцип действия пролетных и отражательных клистронов	181
6.1.2. Усилители мощности и умножители частоты на пролетных клистропах	183
6.1.3. Автогенератор на отражательном клистроне	185
6.2. Автогенераторы и усилители на лампах бегущей волны	189
6.2.1. Принцип действия ЛБВ	189
6.2.2. Усилители на ЛБВ типа О	190
6.2.3. Автогенераторы на ЛБВ-О	192
6.2.4. Автогенераторы и усилители на лампах обратной волны	193
6.3. Автогенераторы СВЧ на элементах магнетронного типа	195

6.4. Элементы радиопередатчиков оптического диапазона волн	201
6.4.1. Оптические линии связи	201
6.4.2. Лазеры	202
6.4.3. Высокостабильные квантовые генераторы диапазона СВЧ	207
6.4.4. Модулятор лазера (для инжекционных полупроводниковых лазеров)	209
7. Методы обеспечения качества работы радиопередатчиков	211
7.1. Обеспечение электромагнитной совместимости РЭС....	211
7.1.1. Побочные излучения радиопередатчиков.....	212
7.1.2. Основные направления обеспечения ЭМС РЭС ...	218
7.2. Обеспечение устойчивости работы радиопередатчиков .	220
8. Особенности построения радиопередатчиков различного назначения	224
8.1. Краткая характеристика основных типов радиопередатчиков	224
8.2. Функциональные схемы радиопередатчиков основных типов систем радиосвязи	224
8.2.1. Радиовещательные передатчики.....	226
8.2.2. Передатчики профессиональной радиосвязи	229
8.2.3. Телевизионные передатчики.....	230
8.2.4. Передатчики радиорелейных систем связи.....	233
8.2.5. Передатчики тропосферных линии связи	236
8.2.6. Передатчики спутниковых систем связи	237
Литература к части 1	240

Часть II. Основы расчета радиопередатчиков

9. Выбор схем радиопередатчиков и определение их основных параметров	242
9.1. Функциональная схема бортового радиопередатчика системы передачи информации	242
9.2. Функциональная схема стационарного радиопередатчика системы передачи информации	247
9.3. Примеры составления схем радиопередатчиков	253
10. Расчет усилителей мощности	259
10.1. Расчет режима работы маломощного биполярного транзистора	259
10.2. Расчет режима работы биполярного транзистора на повышенных частотах	260

10.3. Расчет режима работы мощного биполярного транзистора	263
10.4. Расчет режимов работы полевых транзисторов	266
10.5. Расчет цепей смещения и согласования в усилителе мощности	268
10.6. Суммирование мощностей транзисторных усилителей ..	271
11. Расчет умножителей частоты	278
11.1. Расчет транзисторного умножителя частоты	278
11.2. Расчет диодного (варакторного) умножителя частоты ..	288
12.. Расчет автогенераторов	295
12.1. Расчет транзисторного LC-автогенератора	295
12.2. Расчет транзисторного автогенератора с кварцевой стабилизацией	300
12.2.1. Основные типы и характеристики кварцевых резонаторов	300
12.2.2. Методики расчета автогенераторов	312
12.3. Расчет автогенератора на туннельном диоде	324
12.4. Расчет автогенератора на диоде Ганна	326
12.4.1. Эквивалентные схемы генератора и их анализ ...	327
12.4.2. Расчет автогенератора на диоде Ганна волноводной конструкции	332
12.4.3. Расчет автогенератора на диоде Ганна в микрополосковом исполнении	334
12.5. Расчет автогенератора СВЧ на лавинно-пролетном диоде	335
13. Расчет синтезаторов частоты	338
13.1. Варианты структур и основные характеристики синтезаторов частоты	338
13.2. Синтезатор на кольце ФАП с трактом вычитания	349
13.3. Синтезатор частоты на кольце ФАП с трактом деления	356
13.4. Расчет синтезатора частоты с аппроксимационным синтезом сетки частот	360
14. Расчет модуляторов	363
14.1. Расчет каскадов с амплитудной модуляцией	363
14.2. Расчет каскадов с угловой модуляцией	366
14.2.1. Расчет частотного модулятора на варикапе	366
14.2.2. Расчет каскадов фазовых модуляторов	370
Литература к части 2	377

**Часть III. Цифровые технологии в радио-
передающей технике**

15. Функциональные схемы цифровых РПДУ	384
15.1. Радиопередатчики на основе цифровых контроллеров информационного тракта	384
15.2. Радиопередатчики с прямым цифровым формированием высокочастотных сигналов на ПЧ и ВЧ	390
16. Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразова- тели в РПДУ	394
16.1. Дискретизация, квантование и кодирование для цифро- вой передачи непрерывных сигналов	394
16.2. Классификация и характеристики АЦП и ЦАП	398
16.2.1. Назначение и характеристики ЦАП и АЦП	398
16.2.2. Классификация ЦАП и АЦП	405
16.3. АЦП и ЦАП для работы в низкочастотных трактах, си- стемах управления и контроля РПДУ	420
16.4. Специализированные быстродействующие АЦП и ЦАП	424
17. Цифровые методы синтеза частот и управления ча- стотой	430
17.1. Принципы построения цифровых синтезаторов частоты и их особенности	430
17.2. Прямой (пассивный) цифровые синтез частот	434
17.3. Косвенный (активный) цифровой синтез частот	438
17.4. Особенности синтезаторов частоты СВЧ диапазона	440
17.5. Цифровой перенос спектра сигналов	444
18. Цифровые методы модуляции	448
18.1. Методы и области применения цифровой модуляции (манипуляции)	448
18.2. Цифровая амплитудная манипуляция	455
18.3. Цифровая фазовая манипуляция	463
18.4. Цифровая частотная манипуляция	478
18.5. Спектры сигналов цифровой модуляции	491
18.6. Сравнение видов цифровой модуляции	493
18.6.1. Спектральная эффективность модуляции	494
18.6.2. Энергетическая эффективность модуляции	499
18.6.3. Выбор оптимального метода модуляции	503
19. Элементы цифровых систем авторегулирования ра- диопередатчиков	508
19.1. Частотно-фазовые детекторы	508
19.2. Цифровые элементы систем регулирования амплитуды колебаний	511

19.2.1. Детекторы амплитуды колебаний	512
19.2.2. Усилители ВЧ/СВЧ с программно регулируемым коэффициентом усиления	514
19.3. Частотный детектор на основе ФАПЧ	516
19.4. Цифровые частотные дискриминаторы	517
19.5. Цифровые фильтры	518
19.6. Цифровые генераторы опорного сигнала	521
Литература к части 3	523
Основные условные обозначения	527