

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ	9
1.1. Роль и место радиопередающего устройства в современных радиотехнических и телекоммуникационных системах	9
1.2. Технические требования к радиопередающим устройствам	12
Системные требования к радиопередатчику	12
Требования Норм электромагнитной совместимости (ЭМС)	14
Требования к показателям качества передачи сигнала	17
Эксплуатационные и энергетические требования к радиопередатчику	19
1.3. Обобщенные структурные схемы радиопередающих устройств ...	19
Простейший однокаскадный радиопередатчик	20
Многокаскадный радиопередатчик с прямой архитектурой радиотракта	22
Архитектура многокаскадного радиопередатчика с переносом частоты	27
Понятия частотного и энергетического плана радиопередатчика	30
1.4. Частотный план радиочастотного блока и его оптимизация	31
Выбор частотного плана и архитектуры РЧ блока	31
Комбинационные составляющие на выходе преобразователя частоты	33
1.5. История развития техники радиопередающих устройств	38
Искровые радиопередатчики	39
Дуговые радиопередатчики	40
Машинные радиопередатчики	40
Простейшие ламповые однокаскадные передатчики	41
Многокаскадные ламповые передатчики	41
Развитие радиопередающей техники во второй половине XX века	43
Контрольные вопросы к главе 1	45
Литература к главе 1	46
Глава 2. РАДИОЧАСТОТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ	48
2.1. Введение	48
2.2. Мощные электровакуумные и полупроводниковые приборы: принципы работы, характеристики, проблемы охлаждения	51
Общие сведения о мощных электронных лампах	52

Вакуумные триоды	54
Тетроды	58
Пентоды	61
Идеализированные статические ВАХ триодов и тетродов	62
Системы охлаждения мощных ламп	64
Общие сведения о мощных радиочастотных транзисторах	66
Биполярные транзисторы	67
Полевые транзисторы	73
Тепловые параметры транзисторов	78
Сравнение полупроводниковых и электровакуумных приборов ..	81
2.3. Идеализированные статические ВАХ обобщенного электронного прибора, возможные его состояния	85
2.4. Принцип действия, упрощенные электрические функциональные схемы усилителей мощности	90
2.5. Основные энергетические соотношения в усилителе мощности ...	96
Основные энергетические показатели УМ	96
Энергетические соотношения в выходной цепи УМ	102
Энергетические соотношения во входной цепи УМ	104
Коэффициент усиления по мощности с учетом обратной связи ..	105
2.6. Классификация режимов работы и схем построения УМ. Динамические характеристики усилителей мощности	111
Классификация режимов работы УМ по напряженности	112
Классификация режимов работы УМ по углу отсечки	117
Классификация режимов работы УМ по спектральному составу выходного напряжения	118
Классификация режимов работы УМ по другим критериям	121
2.7. Усилители мощности с резонансной нагрузкой	122
2.8. Гармонический (спектральный) анализ токов и напряжений. Коэффициенты А.И. Берга	134
2.9. Недонапряженный и граничный режимы работы усилителей мощности	142
Работа УМ в недонапряженном режиме класса А	143
Работа УМ в недонапряженном режиме класса В	148
2.10. Энергетические показатели усилителя мощности при работе в граничном режиме. Критерии выбора угла отсечки	154
2.11. Перенапряжённые режимы работы усилителей мощности	161
Общие замечания о перенапряженных режимах работы УМ	161
Перенапряженные режимы в УМ на электронных лампах	163
Перенапряженные режимы в УМ на транзисторах	170
Некоторые особенности практического применения перенапряженных режимов работы УМ	173
2.12. Энергетические характеристики усилителей мощности при изменении их параметров	175

Изменение параметров УМ при варьировании амплитуды напряжения возбуждения. Амплитудные характеристики УМ	177
Изменение параметров УМ при варьировании напряжения смещения на управляющем электроде ЭП	182
Изменение параметров УМ при варьировании напряжения питания	184
Изменение параметров УМ на лампе тетроре при варьировании напряжения на экранирующей сетке	189
2.13. Нагрузочные характеристики усилителей мощности	190
Общие сведения о подходах к исследованию нагрузочных характеристик УМ	190
Нагрузочные характеристики ламповых УМ	197
Нагрузочные характеристики транзисторных УМ	206
2.14. Однотактные и двухтактные усилители мощности с резистивной нагрузкой	211
Общие сведения об УМ с резистивной нагрузкой	211
Однотактные УМ с резистивной нагрузкой	212
Двухтактные УМ с резистивной нагрузкой	216
2.15. Бигармонический режим работы усилителей мощности	220
2.16. Общие сведения о транзисторных ключевых усилителях мощности и их классификация	231
2.17. Ключевые усилители мощности класса D	234
Общие сведения о ключевых УМ класса D	234
Однотактные ключевые УМ класса D и основные энергетические соотношения	236
Двухтактные ключевые УМ класса D с переключением напряжений, с переключением токов и мостового типа	240
Эквивалентная резистивная нагрузка ключевых Ум класса D в виде «вилки» фильтров	245
Виды потерь в ключевых УМ. Частотные ограничения ключевых УМ класса D	248
Нагрузочные характеристики ключевых УМ класса D	253
2.18. Ключевые усилители мощности классов F и F _{инв}	256
Общие сведения о ключевых УМ классов F и F _{инв}	256
Двухтактные ключевые УМ классов F и F _{инв}	257
Однотактные ключевые УМ классов F и F _{инв}	264
Частотные ограничения ключевых УМ классов F и F _{инв}	266
2.19. Ключевые усилители мощности классов E и E _{инв}	267
Общие сведения о ключевых УМ класса E	267
Анализ работы простейшего ключевого УМ класса E с параллельным формирующим контуром	271
Основные разновидности однотактных ключевых УМ класса E .	276
Фильтрация высших гармоник на выходе ключевых УМ класса E	281
Двухтактные ключевые УМ класса E	284
Нагрузочные характеристики ключевых УМ класса E	287

Однотактные ключевые УМ класса $E_{инв}$	291
2.20. Модифицированные схемы транзисторных усилителей мощности	292
Перспективные пути развития транзисторных УМ	292
Двухтактные ключевые УМ классов DE и FE	293
Ключевые УМ класса E_M	296
Ключевые УМ класса $E_{инв}$	288
Транзисторные УМ класса J	301
2.21. Входные цепи усилителей мощности	302
Входные цепи УМ на электронных лампах тетродах	302
Входные цепи УМ на биполярных транзисторах	306
Входные цепи УМ на полевых транзисторах	322
Контрольные вопросы и задания к главе 2	326
Литература к главе 2	327
Глава 3. СХЕМОТЕХНИКА РАДИОЧАСТОТНЫХ УСИЛИТЕ-	
 ЛЕЙ МОЩНОСТИ	330
3.1. Введение	330
3.2. Цепи питания электронных приборов усилителей мощности	331
Параллельная схема построения цепи питания	332
Последовательная схема построения цепи питания	325
Особенности подачи напряжения смещения в транзисторных УМ	336
Особенности цепей питания многокаскадных транзисторных УМ	337
Особенности цепей питания ламповых УМ	338
3.3. Входные, межкаскадные и выходные цепи связи: общие сведения	342
3.4. Узкодиапазонные (резонансные) цепи связи	346
Цепи связи на сосредоточенных L- и C-элементах	346
Цепи связи на распределенных L- и C-элементах	356
3.5. Схемы построения узкодиапазонных (резонансных) УМ	370
3.6. Широкодиапазонные цепи связи. Двухтактные широкодиапазон-	
ные усилители мощности	375
Широкодиапазонные трансформирующие цепи	378
Радиочастотные широкодиапазонные трансформаторы	383
Особенности построения двухтактных УМ на трансформаторах	
Рутрофа	396
Широкодиапазонные фильтрующие цепи	398
Широкодиапазонные согласующие цепи	410
Широкодиапазонные цепи коррекции АЧХ усилителей мощности	428
3.7. Параллельное и двухтактное включение электронных приборов и	
усилителей мощности	433
Параллельное построение усилителей мощности	434
Двухтактное построение усилителей мощности	437
3.8. Широкодиапазонные усилители мощности с распределенным уси-	
лением	441
3.9. Мостовой метод сложения мощностей УМ. Модульное построение	
УМ	448

Принцип работы мостовой схемы и ее свойства	449
Практическая реализация синфазных, противофазных и квадратурных мостовых схем суммирования и деления мощности	455
3.10. Сложение РЧ мощностей в пространстве	469
Пространственное сложение мощностей радиовещательных передатчиков	470
Активные фазированные антенные решетки	471
3.11. Выходные фильтрующие системы	473
3.12. Автоматическая настройка цепей связи и согласования передатчика с антенной	485
Контрольные вопросы и задания к главе 3	496
Литература к главе 3	497
Глава 4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАКТА УСИЛЕНИЯ МОЩНОСТИ	498
4.1. Вводные замечания	498
4.2. Основные причины нелинейных искажений УМ сигналов с непостоянной огибающей и способы их оценки	499
Разновидности радиосигналов с непостоянной огибающей	499
Основные причины нелинейных искажений	499
Способы оценки нелинейных искажений	503
4.3. Методы линеаризации усилителей мощности	510
Общие подходы к линеаризации УМ	511
Линеаризация «связью вперед» и «связью назад»	511
Линеаризация предкоррекцией (предыскажениями)	517
4.4. Повышение КПД линейных усилителей мощности с помощью автоматического регулирования режима	521
4.5. Метод У. Догерти	532
4.6. Синтетический (полярный) метод Л. Кана	547
4.7. Метод дефазирования (метод Х. Ширекса)	552
4.8. Усилители мощности с цифровым формированием огибающей (метод квантования)	561
4.9. Управление выходной мощностью усилительного тракта передатчика	565
4.10. Устойчивость работы усилителей мощности	570
Определение устойчивости	570
Причины неустойчивой работы УМ	571
Имитансный критерий оценки устойчивости УМ	575
Критерий оценки устойчивости по Найквисту	577
Сопоставление критериев оценки устойчивости УМ	580
Параметрическая и температурная неустойчивость УМ	580
Гистерезисные явления в УМ	584
4.11. Обратные связи в усилителях мощности и меры их снижения ...	587
Влияние обратных связей на устойчивость УМ	587

Влияние обратной связи за счет проходной емкости усилительного элемента	590
Влияние обратной связи за счет индуктивности общего вывода усилительного элемента	596
Эквивалентные схемы паразитных автогенераторов	598
Способы повышения устойчивости УМ	601
Схемы нейтрализации проходной емкости усилительного элемента	603
Дополнительные меры повышения устойчивости УМ	607
Контрольные вопросы и задания к главе 4	609
Литература к главе 4	610
Глава 5. АВТОГЕНЕРАТОРЫ И СИНТЕЗАТОРЫ ЧАСТОТ ...	615
5.1. Общие сведения	615
5.2. Автогенераторы. Общие вопросы. Условия самовозбуждения ...	616
5.3. Расчет частоты автоколебаний. Необходимое условие фазовой устойчивости стационарного режима	623
5.4. Расчет амплитуды автоколебаний. Необходимое условие амплитудной устойчивости стационарного режима	626
5.5. Цепи смещения транзисторных автогенераторов	632
5.6. Трехточечные схемы автогенераторов	636
5.7. Нестабильность частоты автогенераторов	640
5.8. Кварцевые резонаторы	647
Устройство и принцип действия кварцевого резонатора	648
Резонансные частоты кварцевого резонатора	651
Эквивалентная схема кварцевого резонатора	656
Температурная зависимость частоты кварцевого резонатора	659
5.9. Схемы кварцевых автогенераторов	661
Осцилляторные схемы кварцевых автогенераторов	663
Фильтровые схемы кварцевых автогенераторов	667
Управление частотой кварцевого автогенератора	672
Стабильность частоты кварцевого автогенератора	673
Температурная зависимость частоты кварцевого автогенератора	675
5.10. Генераторы, управляемые напряжением: принцип действия, простейшие схемы	677
5.11. Шумовые и спектральные характеристики автогенераторов	683
5.12. Устойчивость автогенераторов к паразитным автоколебаниям и гистерезисным явлениям	691
Паразитные автоколебания в автогенераторах	691
Гистерезисные явления в автогенераторах	693
5.13. Особенности схемотехники современных перестраиваемых по частоте автогенераторов	698
Основные сведения о перестраиваемых по частоте автогенераторах, их основные параметры и характеристики	698
Основные разновидности ГУН	701

Несимметричные и симметричные схемы ГУН	703
Релаксационные ГУН	703
Формирование квадратурных сигналов	704
Работа и перестройка ГУН в диапазоне радиочастот	710
Кольцевые генераторы	715
Кольцевые генераторы с формированием квадратурных сигналов	719
ГУН с коммутацией элементов контура и ядра LC-автогенератора	723
РЧ ГУН в интегральном исполнении	730
5.14. Общие сведения о синтезаторах частот. Некоторые методы прямого аналогового синтеза	737
Технические требования к тракту синтеза частот	737
Классификация синтезаторов частот	739
Методы прямого аналогового синтеза частот	740
5.15. Автоматическая подстройка частоты. Синтезаторы частот косвенного типа	745
Система фазовой автоподстройки частоты	746
Косвенный синтез частот с целочисленным делением частоты ...	750
Дробное деление частоты в синтезаторах косвенного типа	755
5.16. Прямой цифровой синтез частот	758
Основы функционирования прямых цифровых синтезаторов частот	758
Основы цифрового синтеза сигналов	769
Гибридные архитектуры синтезаторов частот с использованием прямого цифрового синтеза	774
РЧ компоненты с использованием гибридных архитектур синтеза частот	784
Контрольные вопросы и задания к главе 5	788
Литература к главе 5	790
Глава 6. МОДУЛЯЦИЯ В РАДИОПЕРЕДАТЧИКАХ	794
6.1. Общие сведения о модуляции	794
6.2. Амплитудная модуляция в радиопередатчиках	796
6.3. Однополосная модуляция в радиопередатчиках	803
Основные свойства однополосных сигналов	804
Способы получения сигналов с однополосной модуляцией	808
6.4. Частотная и фазовая модуляции в радиопередатчиках	813
Основные свойства ЧМ и ФМ сигналов	814
Способы получения сигналов с частотной и фазовой модуляцией	817
6.5. Цифровая модуляция в радиосистемах	825
Основные понятия и термины	825
Биты, символы, чипы	826
6.6. Способы отображения модулированных сигналов	828
Квадратурное представление модулированного сигнала	828
Отображение модулированного сигнала во временной области ..	830
Векторная диаграмма	830

Принятие решения	832
Сигнальное созвездие	833
Векторный анализ и синтез сигналов	834
Спектральное представление модулированного сигнала	835
Глазковые диаграммы	836
Решетчатые диаграммы	837
6.7. Предмодуляционная фильтрация	838
Коэффициент скругления альфа	839
Коэффициент фильтрации <i>BT</i> гауссовского фильтра	840
6.8. Виды модуляции в системах цифровой связи и телерадиовещания	841
Частотная манипуляция ЧМ	841
Частотная манипуляция с минимальным сдвигом MSK	842
Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом GMSK	843
Фазовая манипуляция ФМ	844
Относительные, дифференциальные методы модуляции	845
Квадратурная фазовая манипуляция QPSK	847
Относительная квадратурная модуляция DQPSK	848
Относительная квадратурная модуляция $\pi/4$ DQPSK	848
Сдвиговая или офсетная модуляция	849
Квадратурная сдвиговая модуляция OQPSK	850
Модуляция 8PSK EDGE	851
Многоуровневая модуляция	854
Ортогональное частотное мультиплексирование OFDM	855
Формирование сигнала OFDM	857
Структура и параметры OFDM-сигнала	859
Межсимвольная интерференция	860
Снижение пик-фактора OFDM-сигнала	861
Телекоммуникационные стандарты, использующие технологию OFDM	862
Технология мобильной связи LTE	863
Беспроводные локальные сети	864
6.9. Оценка качества модулированных сигналов	866
Целостность сигнального созвездия	866
Влияние внутриканальных шумов	867
Влияние неидеальности квадратурных каналов	868
Влияние гармонической побочной составляющей в спектре опорного сигнала	868
Влияние внутриканальных побочных сигналов	868
Влияние расстройки по частоте. Частотная ошибка	868
Влияние качества опорных сигналов	869
Межсимвольные искажения	869
Влияние нелинейности трактов обработки сигналов	870
Величина вектора ошибки EVM	870
Статистические характеристики и параметры РЧ сигналов	874

6.10. Формирование модулированного сигнала в РЧ блоке	879
Сигнальное кодирование. Преобразование данных	879
Коды Грея	879
Векторная, квадратурная и полярная модуляция	880
6.11. Модуляторы радиотрактов цифровых систем связи	881
Основные параметры модуляторов	882
Прямая модуляция ГУН на РЧ	883
Квадратурные модуляторы	883
Цифровые квадратурные модуляторы	885
Полярные модуляторы	886
Контрольные вопросы к главе 6	888
Литература к главе 6	890
Глава 7. ПЕРЕДАТЧИКИ ЗВУКОВОГО РАДИОВЕЩАНИЯ ...	792
7.1. Общие сведения о звуковом радиовещании	892
7.2. Особенности радиосигналов аналогового и цифрового звукового вещания	897
7.3. Технические требования к передатчикам звукового радиовещания	898
Нормативные документы	898
Системные требования	899
Требования Норм электромагнитной совместимости	899
Требования к показателям качества передаваемого сигнала	900
Эксплуатационные и энергетические требования	902
7.4. Структурные схемы передатчиков аналогового радиовещания диа- пазонов НЧ, СЧ, ВЧ	903
7.5. Структурные схемы передатчиков монофонического и стереофо- нического аналогового радиовещания диапазона ОВЧ	907
7.6. Структурные схемы формирователей комплексного стереосигнала	910
7.7. Структурные схемы передатчиков цифрового радиовещания	912
7.8. Особенности построения тракта усиления мощности АМ передат- чиков диапазонов НЧ, СЧ, ВЧ. Получение АМ в оконечном кас- каде	917
Построение тракта линейного усиления мощности передатчиков малой и средней мощности	918
Анодная, коллекторная, стоковая амплитудная модуляция в вы- ходных каскадах усиления передатчиков средней и большой мощ- ности	921
Анодно-экранная модуляция в оконечном каскаде мощных пере- датчиков	933
7.9. Мощные устройства формирования огибающей в передатчиках с амплитудной модуляцией в оконечном каскаде	935
Мощные модуляционные устройства класса В	936
Мощные модуляционные устройства класса D	939
Импульсно-ступенчатые мощные модуляционные устройства	943

7.10. Особенности построения основных узлов радиовещательных передатчиков диапазона ОВЧ с ЧМ.....	944
Особенности построения синтезаторов частот при формировании частотной модуляции	945
Особенности построения тракта усиления мощности	946
7.11. Особенности построения радиочастотных трактов передатчиков цифрового радиовещания	950
7.12. Краткие сведения об особенностях построения однополосных радиовещательных передатчиков	957
Контрольные вопросы к главе 7	960
Литература к главе 7	962
Глава 8. ПЕРЕДАТЧИКИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ...	963
8.1. Общие сведения о телевизионных передатчиках	963
8.2. Особенности радиосигнала аналогового телевидения	964
8.3. Основные технические требования к передатчикам аналогового телевизионного вещания	969
8.4. Особенности радиосигнала цифрового телевидения	972
8.5. Особенности технических требований к передатчикам цифрового телевизионного вещания	977
8.6. Структурные схемы передатчиков телевизионных станций	980
Передатчики телевизионных станций аналогового телевидения .	981
Передатчики цифрового телевидения и «гибридные» телевизионные передатчики	985
8.7. Структурные схемы возбуждителей передатчиков аналогового телевизионного вещания	987
8.8. Структурные схемы возбуждителей передатчиков цифрового телевизионного вещания и «гибридных» передатчиков.....	995
8.9. Тракты видео и промежуточной частоты передатчиков аналогового телевизионного вещания	1000
Структурная схема тракта видеочастоты	1001
Устройства восстановления постоянной составляющей видеосигнала	1003
Балансный модулятор	1007
Усилитель промежуточной частоты радиосигналов изображения	1008
Коррекция линейных искажений	1009
Коррекция нелинейных искажений	1012
8.10. Особенности построение усилителей мощности радиосигналов изображения	1020
Усилители мощности на транзисторах	1013
Усилители мощности на вакуумных тетродах	1015
Схемы экопоглощения	1018
8.11. Совместная работа на общую антенну усилителей мощности радиосигналов изображения и звукового сопровождения.....	1020

8.12. Особенности построения усилителей мощности при совместном усилении радиосигналов изображения и звукового сопровождения	1026
8.13. Особенности построения усилителей мощности передатчиков цифрового телевизионного вещания.....	1029
8.14. Телевизионные ретрансляторы.....	1034
8.15. Особенности выходных фильтрующих систем и дополнительных фильтров на выходе телевизионных передатчиков	1036
Контрольные вопросы к главе 8	1039
Литература к главе 8	1041
Глава 9. ПЕРЕДАТЧИКИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И РАДИОДОСТУПА.....	1042
9.1. Радиочастотный блок устройств мобильной связи.....	1042
Основные тракты приемопередающего устройств	1042
Входной РЧ блок	1044
Устройства разделения трактов	1044
РЧ компоненты и интегральные схемы, применяемые в устройствах мобильной связи	1046
Пассивные элементы в РЧ блоках ССПО	1047
9.2. Основные показатели качества передатчиков мобильной связи ..	1048
Частотные и спектральные характеристики приемопередатчиков	1048
Частотный план	1049
Выбор частотного плана и архитектуры РЧ блока	1050
РЧ параметры приемопередатчиков	1052
Особенности использования передатчиков в системах мобильной связи	1052
Учет вида модуляции	1053
Типовые показатели качества трактов передачи	1056
Выходная мощность	1057
Помеха в соседнем и дополнительном каналах	1059
Коэффициент мощности в соседнем канале ACPR и ACLR	1059
Спектральные маски	1061
Процессы коммутации в передатчике	1061
Динамическая регулировка РЧ мощности, рампинг	1063
Временные маски сигналов	1063
9.3. Архитектура тракта передачи ССПО	1065
Особенности архитектуры тракта передачи	1065
Передатчики с прямым преобразованием сигнала	1065
Передатчики с преобразованием сигнала по частоте	1068
Передатчики с петлей трансляции	1070
Передатчики на основе синтезаторов частот с дробным делением	1074
Передатчики с цифровой ПЧ	1075

Управление РЧ мощностью передатчика	1076
9.4. Полярные и цифровые тракты передачи	1077
Полярная архитектура	1077
Коррекция задержек огибающей и фазы	1079
Реализация фазового модулятора	1081
Цифровые усилители мощности	1083
Использование термального кода	1084
Цифровой РЧ модуль и цифровой РЧ процессор	1085
9.5. Тракты синтеза частот ССПО	1086
Быстродействие синтезаторов частот	1086
Интегральные схемы синтезаторов частот универсального приме- нения	1087
Разновидности синтезаторов частот, используемые в устройствах мобильной связи	1088
Особенности использования ГУН в устройствах ССПО	1089
Диапазон перестройки ГУН в РЧ блоках	1090
Коммутация элементов колебательных систем ГУН	1093
9.6. Структуры РЧ блоков ССПО	1094
Структуры РЧ блоков систем с частотным дуплексированием ..	1094
Структуры РЧ блоков систем с временным дуплексированием .	1101
Входные РЧ модули переключения и фильтрации	1102
Модули коммутации антенны	1104
Входные РЧ модули	1105
Модули усилителя мощности	1106
9.7. РЧ оборудование различных стандартов.....	1107
РЧ блоки стандарта IEEE 802.15.4b a/b/g (ZigBee)	1107
Радиооборудование радиочастотной идентификации	1109
Радиооборудование сверхширокополосных систем	1111
Контрольные вопросы к главе 9	1115
Литература к главе 9	1116
Глава 10. ПЕРЕДАТЧИКИ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И ВЕЩА-	
НИЯ	1118
10.1. Общие принципы построения систем космической связи	1118
Общие сведения о космической связи	1118
Спутниковая связь. Общие принципы построения	1120
Нормативные документы и технические требования к передатчи- кам	1126
Диапазоны используемых частот	1129
10.2. Бортовые передающие устройства	1131
Принципы построения бортовых передатчиков	1131
Усилители мощности	1133
Сложение мощностей усилителей мощности	1140
Генераторы опорной частоты	1143
Электропитание бортовых передатчиков	1145

Терморегулирование	1148
Резервирование бортовых передатчиков	1150
Передатчики межспутниковой связи	1150
Передатчики для дальнего космоса	1152
10.3. Земные передающие устройства.....	1156
Принципы построения передатчиков земных станций	1156
Усилители мощности передатчиков земных станций	1158
Преобразователи частоты	1160
Передатчики VSAT-станций	1164
Контрольные вопросы к главе 10	1166
Литература к главе 10	1167
Список сокращений	1169
Предметный указатель.....	1173