

УДК 621.396.61
ББК 32.848
В83

Рецензенты:

зав. кафедрой радиоприборов Московского института радиотехники, электроники и автоматики (технического университета), профессор *В. И. Нефедов*; канд. техн. наук, профессор кафедры радиопередающих устройств МТУСИ *А. А. Ляховкин*

Ворона В. А.

В83 Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2011. – 418 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-0005-9.

В первой части изложены теория и практические особенности построения и применения основных каскадов радиопередающих устройств на полупроводниковых приборах: усилителей мощности, автогенераторов, умножителей частоты и модуляторов. Рассмотрены вопросы реализации автогенераторов и усилителей мощности на СВЧ приборах: клистродах, магнетронах и лампах бегущей волны. Определены перспективы развития техники радиопередающих устройств различного целевого назначения. Во второй части обобщены методические подходы и конкретные методики расчета параметров структурных схем и каскадов радиопередатчиков. Приведены численные примеры расчета, позволяющие сравнить оцениваемые элементы и характеристики отдельных каскадов в различных режимах их применения.

Для студентов, обучающихся по специальностям «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем» и «Компьютерная безопасность». Может быть полезна разработчикам и пользователям радиопередающих устройств в системах и сетях передачи информации.

ББК 32.848

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Учебное издание

Ворона Владимир Андреевич
Радиопередающие устройства. Основы теории и расчета
Учебное пособие для вузов

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

© В. А. Ворона

Оглавление

Предисловие	3
Основные условные обозначения	5
Введение. Назначение, области применения и основные характеристики радиопередатчиков	6
В.1. Радиопередатчики в системах радиосвязи	6
В.2. Классификация радиопередатчиков.....	7
В.3. Основные характеристики радиопередатчиков.....	8
В.4. Функциональные схемы радиопередатчиков	10
В.5. Возбудители радиопередатчиков.....	13
В.6. Выходные каскады усиления радиопередатчиков.....	13
Часть 1. Теоретические основы радиопередатчиков	
Глава 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
1.6. Работа активного элемента на повышенных частотах	32
1.7. Работа активного элемента в усилителях мощности на высоких (сверхвысоких) частотах.....	45
1.8. Ключевые режимы работы активного элемента	53
1.9. Цепи питания, смещения и согласования в усилителях мощности	59
1.10. Сложение мощностей в усилителе мощности	67
Глава 2. Умножители частоты	85
2.1. Назначение, классификация и основные характеристики умножителя частоты	85
2.2. Транзисторные умножители частоты	86
2.3. Варакторные умножители частоты	88
2.4. Расчет режима работы варактора в умножителе частоты ..	91
Глава 3. Автогенераторы	98
3.1. Общие сведения об автогенераторах	98
3.2. Стационарный режим автоколебаний	100
3.3. Возбуждение колебаний в автогенераторе	102
3.4. Автогенераторы на АЭ с характеристиками S-типа.....	104

3.5. Стабильность частоты колебаний автогенератора	105
3.6. Транзисторные автогенераторы	109
3.7. Диодные автогенераторы	116
3.8. Кварцевая стабилизация частоты в автогенераторах	130
Глава 4. Синтезаторы частоты	138
4.1. Основные характеристики синтезаторов частоты	138
4.2. Метод прямого синтеза частот	139
4.3. Методы непрямого синтеза частот	142
4.4. Источники эталонных колебаний синтезаторов	147
4.5. Синтезаторы частоты с ПАВ-элементной базой	148
Глава 5. Модуляторы	150
5.1. Методы модуляции	150
5.2. Амплитудная модуляция	152
5.3. Однополосная амплитудная модуляция	161
5.4. Импульсная модуляция	166
5.5. Угловая модуляция	172
Глава 6. Устройства генерации и формирования сигналов СВЧ и оптического диапазонов волн	186
6.1. Клитронные автогенераторы	186
6.2. Автогенераторы и усилители на лампах бегущей волны ...	194
6.3. Автогенераторы СВЧ на элементах магнетронного типа ...	200
6.4. Элементы радиопередатчиков оптического диапазона волн	206
Глава 7. Методы обеспечения качества работы радиопередат- чиков	217
7.1. Обеспечение электромагнитной совместимости РЭС	217
7.2. Обеспечение устойчивости работы радиопередатчиков	227
Глава 8. Особенности построения радиопередатчиков различ- ного назначения	230
8.1. Краткая характеристика основных типов радиопередатчи- ков	230
8.2. Функциональные схемы радиопередатчиков основных типов систем радиосвязи	230
8.3. Перспективы развития радиопередающих устройств	247
Литература к части 1	250
 Часть 2. Основы расчета радиопередатчиков	
Глава 9. Выбор схем радиопередатчиков и определение их ос- новных параметров	252
9.1. Функциональная схема бортового радиопередатчика систе- мы передачи информации	252
9.2. Функциональная схема портативного радиопередатчика по- мех	257
9.3. Функциональная схема стационарного радиопередатчика системы передачи информации	261

9.4. Примеры составления схем радиопередатчиков	267
Глава 10. Расчет усилителей мощности	272
10.1. Расчет режима работы маломощного биполярного транзистора	272
10.2. Расчет режима работы биполярного транзистора на повышенных частотах	273
10.3. Расчет режима работы мощного биполярного транзистора ..	276
10.4. Расчет режимов работы полевых транзисторов	279
10.5. Расчет цепей смещения и согласования в усилителе мощности	281
10.6. Суммирование мощностей транзисторных усилителей	284
Глава 11. Расчет умножителей частоты	292
11.1. Расчет транзисторного умножителя частоты	292
11.2. Расчет диодного (варакторного) умножителя частоты	302
Глава 12.. Расчет автогенераторов	309
12.1. Расчет транзисторного LC-автогенератора	309
12.2. Расчет транзисторного автогенератора с кварцевой стабилизацией	314
12.3. Расчет автогенератора на туннельном диоде	328
12.4. Расчет автогенератора на диоде Ганна	340
12.5. Расчет автогенератора СВЧ на лавинно-пролетном диоде ..	349
12.6. Анализ режимов работы автогенератора с использованием годографа	351
Глава 13. Расчет синтезаторов частоты	354
13.1. Варианты структур и основные характеристики синтезаторов частоты	354
13.2. Синтезатор на кольце ФАП с трактом вычитания	365
13.3. Синтезатор частоты на кольце ФАП с трактом деления ...	372
13.4. Расчет синтезатора частоты с аппроксимационным синтезом сетки частот	377
Глава 14. Расчет модуляторов	379
14.1. Расчет каскадов с амплитудной модуляцией	379
14.2. Расчет каскадов с угловой модуляцией	382
Глава 15. Оценка технико-экономической эффективности проектируемых радиопередатчиков	395
15.1. Критерии эффективности радиопередатчиков	395
15.2. Принципы формирования критериев эффективности	396
15.3. Выбор базового варианта технического решения	396
15.4. Техничко-экономическая оптимизация радиопередатчиков ..	397
15.5. Учет затрат и ограниченных ресурсов	399
15.6. Сопоставимость сложных систем	400
15.7. Метод перевода ряда показателей в разряд ограничений ...	402
Литература к части 2	403

Приложение 1. Параметры полевых транзисторов с барьером Шоттки средней и большой мощности	410
Приложение 2. Параметры биполярного транзистора	411
Приложение 3. Параметры умножительных диодов	412
Приложение 4. Параметры лавинно-пролетных диодов	413
Приложение 5. Параметры диодов Ганна	414