

www.chipindustry.ru



**ЧИП
ИНДУСТРИЯ**

**ОПТОВАЯ
БАЗА
КОМПЛЕКТАЦИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ
КОМПОНЕНТОВ
и ПРИБОРОВ
для
РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ
и ПРОИЗВОДСТВА**

(095) 973-7073
(многоканальный)

Все товары в розницу в магазинах Чип и Дип

Единая справочная магазинов : Тел.: (095) 945-52-51, (095) 945-52-81,
(095) 945-52-85 e-mail: sales@chipdip.ru

Оглавление

От авторов	18
1. Распространение радиоволн	19
1.1. Длина волны и частота	19
1.2. Радиочастотный спектр	20
1.3. Изотропный излучатель	21
1.4. Формирование радиоволн	21
1.5. Свойства и механизмы распространения радиоволн	25
1.5.1. Физические эффекты	25
<i>Поглощение</i>	25
<i>Рефракция и ее влияние на радиогоризонт</i>	25
<i>Радиогоризонт в диапазонах ОВЧ/УВЧ</i>	26
<i>Дифракция</i>	26
<i>Отражение</i>	27
<i>Многолучевое распространение</i>	27
<i>Шум</i>	28
<i>Доплеровский эффект</i>	29
1.5.2. Механизмы распространения радиоволн	30
<i>Распространение околосредней волны</i>	30
<i>Распространение ионосферной волны</i>	32
<i>Распространение пространственной волны</i>	33
<i>Тропосферное рассеяние</i>	34
1.5.3. Другие виды распространения	34
<i>Рассеяние</i>	35
<i>Простая рефракция</i>	36

	<i>Сверхрефракция</i>	36
	<i>Волноводное распространение</i>	37
	<i>Субрефракция</i>	38
	<i>Суточные изменения в распространении радиосигналов</i>	38
	<i>«Сумеречная линия» распространения</i>	38
1.5.4.	Виды распространения за счет рассеяния	39
	<i>Авроральное распространение</i>	39
	<i>Односторонняя связь</i>	39
1.5.5.	Пути «большого круга»	39
	<i>Кратчайший путь между двумя точками на сфере</i>	39
	<i>«Длинный путь» против «короткого»</i>	40
2.	Шкала децибел	41
2.1.	Децибелы и логарифмическая шкала	41
2.2.	Децибелы со ссылкой на абсолютные величины	42
2.3.	Представление двоичных чисел в децибелах	49
3.	Линии передачи	51
3.1.	Общие замечания	51
3.2.	Согласование импеданса	51
3.3.	Линии базовой полосы	52
3.4.	Балансное мостовое соединение линии	54
3.5.	Радиочастотные линии	55
3.5.1.	Характеристический импеданс Z_0	55
3.5.2.	Вносимые потери	56
3.5.3.	Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)	59
3.5.4.	Фильтры линий передачи, четвертьволновые согласующие трансформаторы и согласующие цепи	60
	<i>Четвертьволновой согласующий трансформатор</i>	60
	<i>Радиочастотный трансформатор</i>	61
3.6.	Волноводы	62
3.7.	Другие свойства передающих линий	63
3.7.1.	Шумы передающих линий	63
3.7.2.	Фактор шума коаксиального кабеля передающей линии	64
3.7.3.	Типы коаксиальных кабелей	65
3.7.4.	Емкость коаксиального кабеля	66
3.7.5.	Критическая частота (f_c) коаксиального кабеля	67
3.8.	Радиочастотные кабели производства Российской Федерации	67
3.8.1.	Радиочастотные кабели со сплошной ПЭ изоляцией	68
3.8.2.	Радиочастотные кабели со сплошной фторопластовой изоляцией	70
3.8.3.	Радиочастотные кабели с полувоздушной полиэтиленовой изоляцией	72

4. Антенны	73
4.1. Характеристики антенн	73
4.1.1. Ширина полосы	73
4.1.2. Ширина диаграммы направленности	73
4.1.3. Коэффициент направленности и передача в прямом направлении	74
4.1.4. Эффективная высота (длина) антенны	74
4.1.5. Эффективная излучаемая мощность	74
4.1.6. Сопротивление излучения и эффективность	75
4.1.7. Отношение прямого и обратного излучения	75
4.1.8. Импеданс	75
4.1.9. Поляризация	75
4.1.10. Диаграмма направленности	76
4.1.11. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)	76
4.1.12. Принимающая апертура	76
4.2. Типы антенн	77
4.2.1. Диполь	77
4.2.2. Четвертьволновой вертикальный излучатель	78
4.2.3. Длинноволновые, средневолновые и коротковолновые антенны	78
4.2.4. Направленные решетки	79
<i>Антенная решетка поперечного излучения</i>	79
<i>Антенная решетка осевого излучения</i>	80
<i>Ромбическая антенна</i>	80
<i>Логопериодическая антенна</i>	81
4.3. Антенны ОВЧ и УВЧ диапазонов	82
4.3.1. Антенны базовых станций	82
<i>Антенна с концевым возбуждением и несимметричная вибраторная антенна</i>	82
<i>Диполь с отражателем</i>	82
<i>Коллинеарные антенны</i>	84
<i>Щелевая антенна</i>	84
<i>Конусная антенна</i>	86
<i>Ярусность и профильность</i>	87
4.3.2. Мобильные антенны	87
<i>Низкопрофильные антенны</i>	88
<i>Мотоциклетные антенны</i>	88
<i>Портативные антенны</i>	88
<i>Безопасность</i>	88
4.4. Микроволновые антенны	90
4.4.1. Однонаправленная спиральная антенна бокового излучения	91
4.4.2. Спиральные антенны осевого излучения	92
4.4.3. Малые рамочные антенны	92
4.5. Рамочные антенны	93
4.5.1. Описание малых рамочных антенн	93
4.5.2. Геометрия малых рамок	93

4.5.3.	Диаграмма направленности малой рамочной антенны	95
4.5.4.	Напряжение сигнала (V_0), развиваемое рамкой	96
4.5.5.	Эффективная высота ($H_{\text{эф}}$)	96
4.5.6.	Индуктивность рамки	97
5.	Резонансные цепи	99
5.1.	Последовательные и параллельные настраиваемые цепи	99
5.1.1.	Последовательный резонанс	99
5.1.2.	Параллельный резонанс	100
5.2.	Добротность (фактор качества)	101
5.3.	Связанные (полосовые) резонансные цепи	101
5.3.1.	Методы связи	101
5.3.2.	Характеристики связанных цепей	103
6.	Генераторы	105
6.1.	Предъявляемые требования	105
6.2.	Перестраиваемые генераторы	105
6.3.	Кварцевые кристаллические генераторы	107
6.3.1.	Электрические схемы кварцевых генераторов	107
6.3.2.	Генераторы обертонов	108
6.4.	Частотные синтезаторы	109
6.4.1.	Генераторы, управляемые напряжением	109
6.4.2.	Системы фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ системы)	110
6.4.3.	Предварительное пересчетное устройство	112
6.4.4.	Прямой цифровой синтез	113
6.5.	Цезиевые и рубидиевые эталоны частот	113
7.	Пьезоэлектрические приборы	115
7.1.	Пьезоэлектрический эффект	115
7.1.1.	Строение кристалла кварца	116
7.1.2.	Эквивалентная схема кварцевого кристалла	116
7.2.	Характеристики кварцевого кристалла	117
7.2.1.	Резонансная частота	117
7.2.2.	Частотная стабильность	118
	<i>Температурный коэффициент</i>	118
	<i>Старение</i>	119
7.2.3.	Емкость нагрузки и затягивание частоты	119
7.2.4.	Активность, эквивалентное последовательное сопротивление и добротность	120
7.2.5.	Паразитные резонансы	120
7.2.6.	Оформление корпусов	121
7.3.	Технические требования к кварцевым резонаторам	122
7.4.	Фильтры	123
7.4.1.	Характеристика полосы пропускания	123
7.4.2.	Характеристика полосы заграждения	124

7.4.3.	Характеристика временной области	124
7.4.4.	Внутреннее сопротивление источника и нагрузочный импеданс	125
7.4.5.	Нелинейные эффекты	125
8.	Модуляция и требования к ширине полосы	127
8.1.	Ширина полосы сигнала	127
8.1.1.	Аналоговые сигналы	127
8.1.2.	Цифровые сигналы	127
8.1.3.	Пропускная способность канала (теорема Хартли—Шеннона)	129
8.2.	Модуляция	129
8.3.	Аналоговая модуляция	130
8.3.1.	Амплитудная модуляция (АМ) <i>Двухполосная АМ</i> <i>Распределение мощностей в АМ волне</i>	130 130 131
8.3.2.	Подавленная несущая с двойной боковой полосой (ДБП)	132
8.3.3.	Подавленная несущая с одной боковой полосой (ОБП)	133
8.3.4.	Частотная модуляция (ЧМ)	134
8.3.5.	Фазовая модуляция (ФМ)	137
8.3.6.	Предыскажения и их коррекция	138
8.3.7.	Достоинства и недостатки амплитудной и частотной модуляций	138
8.4.	Цифровая модуляция	138
8.4.1.	Обработка данных <i>Фильтрация</i> <i>Манчестерское кодирование</i> <i>Кодирования Грея</i>	138 138 139 139
8.4.2.	Манипуляция включение/выключение и амплитудная манипуляция <i>Манипуляция включение/выключение</i> <i>Бинарная амплитудная манипуляция (АМн)</i>	140 140 140
8.4.3.	Частотные манипуляции (ЧМн) <i>Передача цифровой информации с помощью ЧМн</i> <i>Гауссовская минимальная фазовая манипуляция (ГМФМ)</i>	140 140 141
8.4.4.	Быстрая частотная манипуляция (БЧМн)	141
8.4.5.	Фазовая манипуляция	142
8.5.	Передача сигнала с расширенным спектром	144
9.	Распределение частот	147
9.1.	Международное и региональное распределение частот	147
9.2.	Национальное распределение	148
9.3.	Обозначение радиоизлучения	149

9.4. Обозначение ширины полосы и частоты	150
9.5. Общее распределение частот	150
9.6. Классификация радиостанций	154
9.7. Радиочастотные диапазоны	156
10. Радиооборудование	157
10.1. Передатчики	157
10.1.1. Функции передатчиков	157
10.1.2. Передатчики с амплитудной модуляцией	157
10.1.3. Передатчики с угловой модуляцией	158
10.1.4. Спецификации передатчиков	160
10.2. Приемники	161
10.2.1. Функции приемника	161
10.2.2. Типы приемников	161
10.2.3. Коэффициент шума	164
<i>Отношение сигнал/шум (С/Ш или СШ)</i>	164
<i>Фактор шума, коэффициент шума и шумовая температура</i>	164
<i>Шум в каскадных усилителях</i>	166
10.2.4. Отношение сигнал/шум и ширина полосы	167
10.2.5. Спецификации приемников	168
10.3. Программируемое оборудование	169
11. Микроволновая связь	171
11.1. Использование микроволнового диапазона	171
11.2. Распространение сигнала	172
11.3. Рефракция и коэффициент К	173
11.4. Зоны Френеля, отражение и замирание сигнала	174
11.5. Критерии качества для аналоговых и цифровых линий	176
11.6. Терминология	177
11.7. Планирование линии	177
11.8. Пример расчета микроволновой линии	177
12. Конфиденциальная информация и шифрование	179
12.1. Принципы шифрования	179
12.2. Шифрование речи	180
12.3. Шифрование данных	181
<i>Сложение по модулю два</i>	183
<i>Синхронное шифрование</i>	183
<i>Самосинхронное шифрование</i>	183
12.4. Многостанционный доступ в системах с кодовым разделением каналов или шумоподобные сигналы (ШПС)	184
12.5. Классификация секретности	184
12.5.1. Безусловная секретность	184
12.5.2. Сроки действия шифра	185

13. Уплотнение	186
13.1. Частотное уплотнение (FDM)	186
13.2. Временное уплотнение (TDM)	187
13.3. Многостанционный доступ в системах с кодовой модуляцией	189
14. Представление сигнала в цифровой форме и его синтез	190
14.1. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)	190
14.2. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)	191
14.3. Дельта-модуляция	192
14.4. Синтез речи	192
15. ОВЧ и УВЧ мобильная радиосвязь	194
15.1. Типы мобильной связи и рабочие процедуры	194
<i>Одночастотная симплексная связь</i>	194
<i>Двухчастотная симплексная связь</i>	194
<i>Дуплексная и полудуплексная связь</i>	196
<i>Открытый канал — «информация для всех»</i>	196
<i>Избирательный вызов</i>	196
<i>Автоподтверждение приема</i>	196
<i>Обновление состояния</i>	197
<i>Стек вызовов</i>	197
15.2. Управление базовыми станциями	197
15.3. Работа типичной базовой станции	197
15.4. Увеличение зоны радиопокрытия	199
<i>Мажоритарный выбор приемника</i>	199
<i>Ручной отбор передатчика</i>	200
<i>Автоматический отбор передатчика</i>	201
<i>Одновременная передача</i>	201
16. Сигнализация	205
16.1. Инфразвуковая сигнализация	205
16.2. Внутриполосная тональная сигнализация	206
16.2.1. Многочастотная система с двойным тоном (МЧДТ)	206
16.2.2. Сигнализация пятью тональными импульсами ..	207
16.3. Цифровая сигнализация	208
<i>Быстрая частотная манипуляция (БЧМн)</i>	208
<i>Цифровая схема бесшумовой настройки</i>	208
16.4. Стандартные PSTN тональные сигналы	209
17. Занятость канала, качество обслуживания и транкинг	210
17.1. Занятость канала и качество обслуживания	210
17.2. Транкинг	212
17.3. IBIS транкинг	213
17.4. Стандарт МРТ 1327 на системы транкинговой радиосвязи	214

18. Мобильные радиосистемы	216
18.1. Пэйджинг	216
18.2. Беспроводные телефоны	217
18.2.1. CT1	217
18.2.2. CT2	217
18.2.3. Европейская система беспроводной цифровой связи (DECT)	218
18.3. Транкинговая радиосвязь	218
18.3.1. Транкинговая радиосвязь в полосе III	218
18.3.2. Трансевропейская транкинговая радиосвязь (TETRA)	219
18.3.3. Цифровая радиосвязь ограниченного радиуса действия (DSRR)	219
18.4. Сети аналоговых сотовых радиотелефонов	220
18.5. Глобальная мобильная система (GSM)	221
18.6. Сеть персональной связи (PCN)	222
18.7. Частные системы подвижной связи (PMR)	222
18.8. Британская служба персональной радиосвязи	222
19. Менеджмент базовых станций	224
19.1. Назначение базовых станций	224
19.2. Арендовать или иметь в собственности?	224
19.3. Выбор участка	225
19.4. Антенные мачты с растяжками и без растяжек	226
19.5. Установка электронного оборудования	227
19.6. Заземление и защита от ударов молнии	228
19.7. Возведение антенн	230
19.7.1. Направленность антенн	230
19.7.2. Практические аспекты установки антенн	230
19.7.3. Здоровье и безопасность	231
19.7.4. Проверка антенн и обнаружение неисправностей	231
19.8. Помехи	232
19.8.1. Изоляция антенны	232
19.8.2. Интермодуляция	233
19.8.3. Контроль за интермодуляцией	233
19.9. Антенны со многими разветвителями	236
19.10. Запасные источники питания	237
19.11. Инспекция и сертификация	239
20. Измерительная аппаратура	240
20.1. Точность, разрешение и стабильность	240
20.2. Приборы звуковых частот	241
20.2.1. Измерители мощности выходного сигнала	241
20.2.2. Измерители коэффициента нелинейных искажений и измерители Sinad	242
20.2.3. Генераторы сигналов звуковых частот	243
20.3. Измерительные приборы радиочастотного диапазона	244

20.3.1.	Измерители мощности	244
20.3.2.	Генераторы ВЧ сигналов	245
20.3.3.	Измерители частоты (частотомеры)	248
20.3.4.	Измерители модуляции	249
20.3.5.	Спектральные анализаторы	250
20.3.6.	Схемные анализаторы	252
21.	Батареи	254
21.1.	Характеристики элементов	254
21.1.1.	Емкость	254
21.1.2.	Внутреннее сопротивление	255
21.1.3.	Плотность энергии	255
21.1.4.	Условия перезарядки	256
21.2.	Батареи первичных элементов	256
21.3.	Аккумуляторы	260
21.3.1.	Свинцово-кислотные батареи	260
21.3.2.	Никель-кадмиевые (NiCad) батареи	261
22.	Спутниковая связь	265
22.1.	Околосемные орбиты	265
22.1.1.	Геостационарные орбиты	265
22.1.2.	Эллиптические орбиты	266
22.2.	Спутниковые линии связи	268
22.3.	Предлагаемые форматы спутникового телевидения	273
22.4.	Глобальная навигационная спутниковая система (GPS)	274
23.	Средства сопряжения	275
23.1.	Аудио- и видеоразъемы	275
	<i>Разъемы для звуковой аппаратуры</i>	275
	<i>Разъемы для видеомагнитофонов, телеаппаратуры, теле- и видеокамер</i>	276
	<i>Разъем SCART (стандарт BS 6552)</i>	278
23.2.	Коаксиальные разъемы и способы их присоединения к кабелю	279
	<i>Коаксиальные разъемы</i>	279
	<i>Набор инструментов</i>	280
	<i>Инструкции по присоединению разъемов</i>	281
23.3.	Интерфейсы	287
	<i>Обмен данными при помощи модемов</i>	287
	<i>Номера выводов разъема модема</i>	289
	<i>Автоматический вызов</i>	289
	<i>RS 232C</i>	290
	<i>RS 449</i>	291
	<i>Сравнение стандартов RS 232, RS 449 и V 24</i>	292
24.	Радиовещание	295
24.1.	Стандартные частоты и станции вещания	295
24.2.	Стандартные частотные форматы	296

24.3.	Теле- и радиовещательные диапазоны Великобритании	.298
24.4.	Характеристики наземных УВЧ телевизионных систем	.298
24.4.1.	Всемирные системы вещания	.298
24.4.2.	Европейские системы вещания	.298
24.4.3.	Спецификация 625-строчной телевизионной системы Великобритании	.299
24.4.4.	Схема полевого гашения 625-строчной TV системы Великобритании	.300
24.5.	Телевизионные каналы наземных станций	.301
24.6.	Размеры наземных телевизионных антенн	.303
24.7.	Классификация AM радиовещательных станций (США)	.303
24.7.1.	Станция класса А	.304
24.7.2.	Станция класса В	.304
24.7.3.	Станция класса С	.304
24.7.4.	Станция класса D	.304
24.8.	Частоты ЧМ вещания и номера каналов (США)	.305
24.9.	Разделение телевизионных каналов (США)	.306
24.10.	Вычисление ортодромического пеленга	.306
24.10.1.	Широта и долгота	.307
24.10.2.	Большой круг	.308
24.11.	Частотная ситуация телевизионного вещания в некоторых городах России	.311
25.	Аббревиатуры и символы	.316
25.1.	Англоязычные аббревиатуры	.316
25.1.1.	Международные и национальные организации, комитеты и ассоциации связи	.316
25.1.2.	Стандарты, системы связи	.318
25.1.3.	Термины, используемые в радиотехнике	.319
25.2.	Русскоязычные аббревиатуры	.326
25.2.1.	Международные и национальные организации, комитеты и ассоциации связи	.326
25.2.2.	Стандарты, системы связи	.327
25.2.3.	Термины, используемые в радиотехнике	.327
25.3.	Символы величин, используемых в радиотехнике	.330
25.4.	Символьные обозначения параметров транзисторов	.331
25.4.1.	Обозначения параметров биполярных транзисторов	.331
25.4.2.	Обозначения параметров транзисторов с одним переходом	.334
25.4.3.	Обозначения параметров полевых транзисторов	.334
25.5.	Символьные обозначения, применяемые в электро- и радиотехнике	.336
25.6.	Символьные обозначения, применяемые в радиосвязи	.344
25.7.	Символьные обозначения логических элементов	.346
25.8.	Символьные обозначения типов модуляции	.348
25.9.	Символьные обозначения блоков электронных схем	.348

25.10. Символьные обозначения элементов частотного спектра	350
25.11. Символы для маркировок (стандарт BS 6217)	350
26. Полезная информация для профессионалов и радиолюбителей	359
26.1. Профессиональная и любительская радиосвязь	359
26.1.1. Международное распределение позывных	359
26.1.2. Система обозначения микроволнового диапазона	362
26.1.3. Выделенные диапазоны частот для радиоастрономии Post WARC-79	362
26.1.4. Оценка качества сигналов	363
<i>Общая оценка качества телефонной связи</i>	<i>363</i>
<i>Оценка качества сигнала по системе SINPFEMO</i>	<i>363</i>
<i>Оценка качества сигнала по систем SINPO</i>	<i>364</i>
<i>Оценка качества сигнала по системе SIO</i>	<i>364</i>
26.1.5. Профессиональные и радиолюбительские коды и аббревиатуры	364
<i>Международный код Морзе (азбука Морзе)</i>	<i>364</i>
<i>Международный «Q»-код</i>	<i>366</i>
<i>Код QSA (ответ на запрос о силе сигнала)</i>	<i>368</i>
<i>Код QRK (ответ на запрос о разборчивости сигнала)</i>	<i>368</i>
<i>Код RST</i>	<i>368</i>
<i>Смешанные международные аббревиатуры</i>	<i>369</i>
<i>Аббревиатуры радиолюбителей</i>	<i>369</i>
26.1.6. Непрофессиональная (любительская) радиосвязь	370
<i>Диапазоны частот, выделенные радиолюбителям в Великобритании</i>	<i>370</i>
<i>Длина дипольной антенны для радиолюбительских диапазонов</i>	<i>373</i>
<i>Обозначения типов излучения в любительской радиосвязи</i>	<i>373</i>
26.1.7. Рекомендации МККТТ	374
26.1.8. Степени чисел	375
<i>Степени числа 2</i>	<i>375</i>
<i>Степени числа 10_{16}</i>	<i>375</i>
<i>Степени числа 16_{10}</i>	<i>376</i>
26.2. Вспомогательная информация	377
26.2.1. Алфавит	377
<i>Греческий алфавит</i>	<i>377</i>
<i>Латинский/английский алфавит</i>	<i>377</i>
<i>Фонетический алфавит</i>	<i>378</i>
26.2.3. Всемирное время	378
26.2.4. Шкалы температур и соотношения между ними	385
<i>Таблица соответствия градусов Цельсия и Фаренгейта</i>	<i>385</i>

	<i>Формулы соответствия градусов Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) и Реомюра ($^{\circ}\text{R}$)</i>	386
	<i>Шкала Кельвина</i>	386
26.2.5.	Шкала силы ветра (шкала Бофорта)	386
26.2.6.	Стандарты на размеры листов бумаги	387
26.2.7.	Границы морских зон	388
26.3.	Акустика	389
26.3.1.	Звуки и уровни звука	389
26.3.2.	Скорость звука	389
26.3.3.	Диапазон слышимых звуковых частот	390
26.3.4.	Интенсивность звука	390
26.3.5.	Частоты музыкальных нот [Гц]	391
26.4.	Формулы и таблицы для расчетов радиотехнических цепей	391
26.4.1.	Таблица соответствия длин волн и частот	391
26.4.2.	Постоянная времени — RC	391
26.4.3.	Постоянная времени — R/L	393
26.4.4.	Частотная зависимость реактивного сопротивления конденсатора	394
26.4.5.	Частотная зависимость реактивного сопротивления катушки индуктивности	394
26.4.6.	Формулы для расчетов	395
26.4.7.	Схемы включения транзисторов и их характеристики	401
26.4.8.	Плавкие предохранители	402
26.4.9.	Цветовое и цифровое кодирование компонентов	402
	<i>Цветовое кодирование резисторов и конденсаторов</i>	403
	<i>Цветовая маркировка выводов стереофонического звукозаписывающего устройства</i>	403
	<i>Буквенное и цифровое кодирование номиналов резисторов и конденсаторов (BS 1852)</i>	404
26.5.	Числовые преобразования	405
26.5.1.	Приставки и множители для образования десятичных кратных и дольных единиц	405
26.5.2.	Преобразование десятичных кратных и дольных единиц	405
26.5.3.	Преобразование долей дюйма в единицы метрической системы	407
26.5.4.	Таблица преобразования кодов	408
26.5.5.	Управляющие символы кода ASCII	414
27.	Дополнительная информация	416
27.1.	Единицы физических величин и соотношения между ними	416
27.1.1.	Основные единицы	416
27.1.2.	Размерности физических величин	416
27.1.3.	Определения единиц физических величин	417

27.1.4.	Соотношения между единицами электрических величин	419
27.1.5.	Единицы физических величин и их обозначения	419
27.1.6.	Коэффициенты преобразования единиц физических величин	426
27.2.	Постоянные величины в физике и астрономии	432
27.2.1.	Фундаментальные постоянные	432
27.2.2.	Элементарные частицы	432
27.2.3.	Сведения о Земле, Луне и Солнце	433
27.2.4.	Расстояние и время в астрономии	434
27.3.	Свойства металлов и сплавов и параметры изделий из них	434
27.3.1.	Электрические свойства элементов	434
27.3.2.	Удельное сопротивление некоторых металлов и сплавов	439
27.3.3.	Размеры сверл и данные о проводах	442
	<i>Стандартные размеры проводов и стандартные размеры сверл</i>	442
	<i>Параметры медной витой проволоки (стандарт BSI)</i>	445
	<i>Метрические размеры проводов: число витков на 10 мм</i>	448
	<i>Параметры стандартной медной проволоки (SWG)</i>	448
	<i>Сортамент проводов</i>	449
	<i>Метрические размеры изолированных круглых витых проводов</i>	451
27.4.	Полезные сведения из некоторых областей математики	452
27.4.1.	Законы булевой алгебры	452
27.4.2.	Формулы статистики	452
27.4.3.	Дифференциальное и интегральное исчисление	452
27.4.4.	Расчет геометрических величин	453
27.4.5.	Соотношения между тригонометрическими функциями	458
28.	Словари	460
28.1.	Толковый словарь	460
28.2.	Краткий англо-русский словарь терминов	508
	Предметный указатель	527

От авторов

Настоящее издание Newnes Radio and RF Engineer's Pocket Book — это что-то необыкновенное. Оно представляет собой подборку информации для инженеров и технологов, которые работают в сфере радиотехники. Оно дополнено новыми сведениями, отражающими меняющиеся интересы этих специалистов, и, как никакое другое издание, воспроизводит видение технологического процесса. Оно просто напичкано информацией!

Вся эта серия довольно интересна с точки зрения разнообразия и качества информации, которую она предлагает, и эта книга не исключение. Она охватывает такие разные темы, как символы, используемые в обозначении схем, и аббревиатуры для транзисторов, и в то же время такие сложные вещи, как спутниковая связь и телевизионные каналы для англоговорящих стран. Это действительно удивительная работа.

Мы надеемся, что вы будете часто обращаться к этой книге и получите такое же удовольствие, какое получили мы в процессе ее подготовки.

*Джон Дэвис
Джозеф Дж. Карр*

Благодарность

Выражаю особую благодарность за предложенную помощь следующим организациям: Andrew Ltd, Aspen Electronics Ltd, BBC, British Telecommunications plc, farnell Instruments Ltd, Independent Television Authority, International Quartz Devices Ltd, Jaybeam Ltd, MACOM Greenpar Ltd, Marconi Instruments Ltd, Panorama Antennas Ltd, Radiocommunications Agency, the Radio Authority, Rtt Systems Ltd.

Особую благодарность выражаю своей жене Дороти за то, что она мирилась с моим уединением в процессе подготовки книги.

Часть первая

Распространение радиоволн

1.1. ДЛИНА ВОЛНЫ И ЧАСТОТА

Существуют два характерных параметра, которые отличают волновое движение, — длина волны и частота. Длину волны определяют как расстояние между двумя ближайшими точками, находящимися в одинаковом состоянии волны любого типа (например, акустические или электромагнитные волны). Частотой же называют количество повторяющихся циклов волны в единицу времени. На **Рис. 1.1** схематично показано распространение волны.

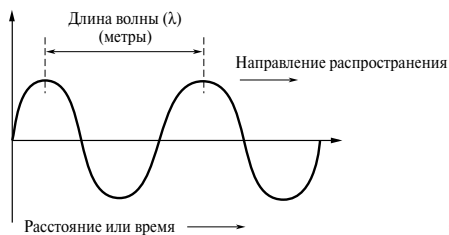


Рис. 1.1. Распространение волны

Тип волны и скорость, с которой фронт волны движется через среду, связаны определенным соотношением. Кроме того, скорость распространения определяется средой, в которой движется волна. Так, скорость звуковой волны в воздухе около 340 м/с, а в воде — 1 430 м/с.

Звуковые волны перемещаются медленнее, чем электромагнитные, распространяющиеся в свободном пространстве с одинаковой скоростью (приблизительно $3 \cdot 10^8$ м/с).

Радио- и световые волны имеют электромагнитную природу, и для них связь между частотой и длиной волны определяется формулой:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \text{ [м]},$$

где λ — длина волны, а f — частота [Гц].

1.2. РАДИОЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР

Электромагнитные волны имеют безграничный диапазон возможных длин волн, образуя электромагнитный спектр. Этот спектр, помимо радиоволн, включает инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновские лучи и гамма-лучи (Рис. 1.2).

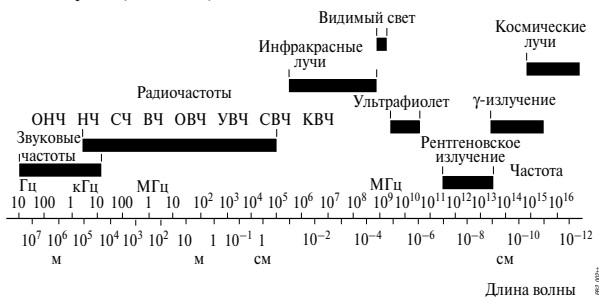


Рис. 1.2. Спектр электромагнитных волн

Для радиосвязи используется диапазон от 10 кГц до 100 ГГц, условно разделенный на несколько полос. В Табл. 1.1 указаны обозначения полос, их использование и виды распространения волн.

Табл. 1.1. Использование радиочастот

Полоса частот	Обозначение	Использование	Вид распространения
3...30	Очень низкие частоты — ОНЧ (VLF [*])	Связь по всему миру и на большие расстояния. Навигация. Подводная связь	Поверхностная волна
30...300 кГц	Низкие частоты — НЧ (LF [*])	Связь на большие расстояния, станции эталонных частот и времени, длинноволновое вещание	Околосредземная волна
300...3000 кГц	Средние частоты — СЧ (MF [*]) или средние волны — СВ (MW [*])	Средневолновое местное и региональное вещание. Судовая связь	Околосредземная волна (днем) Ионосферная волна (ночью)
3...30 МГц	Высокие частоты — ВЧ (HF [*]) или короткие волны — КВ (SW [*])	Связь на большие расстояния и коротковолновое вещание	Ионосферная волна
30...300 МГц	Очень высокие частоты — УВЧ (VHF [*])	Связь в пределах прямой видимости. Мобильная связь. Телевизионное и FM вещание	Пространственная волна
300...3000 МГц**	Ультравысокие частоты — УВЧ (UHF [*])	Связь в пределах прямой видимости и мобильная связь. Телевизионное вещание. Радиорелейные линии	Пространственная волна
3...30 ГГц	Сверхвысокие частоты — СВЧ (SHF [*]) или микроволны	Радиорелейные линии. Локация. Спутниковая связь	Пространственная волна
Выше 30 ГГц	Крайне высокие частоты — КВЧ (EHF [*])	Межспутниковая связь и микросотовая радиотелефонная связь	Пространственная волна

- * VLF — very low frequency
 L — low frequency
 MF — medium frequency; MW — medium wave
 HF — high frequency; SW — short wave
 VHF — very high frequency
 UHF — ultra high frequency
 SHF — super high frequency; microwave
 EHF — extra high frequency

** В США этот диапазон определяется как «UHF» только до частоты 1 000 МГц (свыше 1 000 МГц — как «микроволновый»).

1.3. ИЗОТРОПНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ

Отправной точкой рассмотрения вопроса распространения радио- и световых волн является изотропный излучатель — гипотетический точечный излучатель, равномерно излучающий во всех направлениях свободного пространства.

Такой излучатель, помещенный в центр сферы, облучает ее полную поверхность. А так как площадь сферы равна $4\pi r^2$ (где r — радиус), то интенсивность облучения в любой точке поверхности изменяется обратно пропорционально расстоянию от излучателя.

В радиотехнике плотность мощности на некотором расстоянии от источника задают следующим образом:

$$P_d = \frac{P_t}{4\pi r^2},$$

где P_t — мощность излучения .

1.4. ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОВОЛН

Электромагнитные по своей природе радиоволны содержат взаимно перпендикулярные электрическую и магнитную составляющие, которые находятся под прямым углом также и к направлению распространения. Электромагнитную волну создает, например, переменный ток в проводнике. Он порождает переменное магнитное поле, окружающее проводник, которое, в свою очередь, индуцирует электрическое поле вдоль длины проводника. Совокупность этих полей, излученных проводником с переменным током, представлена на **Рис. 1.3**.

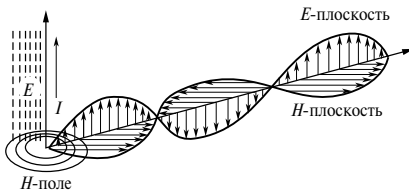


Рис. 1.3. Формирование электромагнитной волны

Плоскость электрического поля это плоскость E , а магнитного поля — H . Эти поля эквивалентны, соответственно, напряжению и току в цепи проводника. Они даже измеряются в таких же единицах (В/м и А/м), а среда, через которую они распространяются, имеет сопротивление. Если для цепи проводника справедливо уравнение $E = ZI$, то для электромагнитной волны:

$$E = ZH,$$

где E — среднеквадратическая величина напряженности электрического поля [В/м],

H — среднеквадратическая величина напряженности магнитного поля [А/м],

Z — характеристическое сопротивление (импеданс) среды [Ом].

Характеристическое сопротивление среды определяется ее магнитной проницаемостью (эквивалент индуктивности) и диэлектрической проницаемостью (эквивалент емкости). Для свободного пространства приняты следующие величины:

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная проницаемость,

$\epsilon = 1/36\pi \cdot 10^{-9}$ Ф/м — диэлектрическая проницаемость.

Тогда импеданс свободного пространства задается формулой:

$$\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 120\pi = 377 \text{ (Ом)}$$

(магнитная проницаемость и диэлектрическая проницаемость свободного пространства входят во многие формулы, отражающие физические законы или характеризующие свойства веществ, как постоянные коэффициенты. В этом качестве их принято называть магнитная постоянная и электрическая постоянная и обозначать соответственно μ_0 и ϵ_0 . — *Прим. редактора перевода.*)

Взаимные соотношения между мощностью, напряжением и сопротивлением для электромагнитной волны точно такие же, как для электрической цепи, — $W = E^2/Z$.

Простейший излучатель электромагнитных волн представляет собой обычный диполь, образованный парой проводов с открытыми концами. При теоретическом рассмотрении длину излучающих частей проводов следует принимать очень короткой по отношению к длине волны возбуждающего тока, чтобы выполнить условие равномерного распределения тока по их длине. На практике же длина излучающих элементов равна половине длины волны ($\lambda/2$), и этот диполь, называемый также симметричным вибратором, становится дипольной антенной (**Рис 1.4**).

Волна, излучаемая диполем, поляризуется. Электрическое поле располагается вдоль длины (в плоскости E), а магнитное поле — под прямым углом к излучателю (в плоскости H). Если плоскость E вертикальна, излученное поле называется полем с вертикальной поляризацией. Ссылка к плоскостям E и H позволяет избежать недопонимания, когда разговор идет о поляризации антенны.

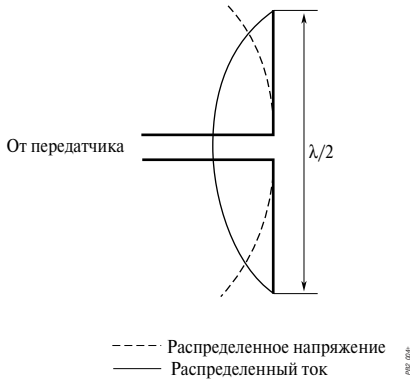


Рис. 1.4. Дипольная (симметричная вибраторная) антенна

В отличие от изотропного излучателя диполь обладает направленностью, концентрируя энергию в плоскости H за счет плоскости E . Это обеспечивает некоторый коэффициент усиления мощности во всех направлениях в плоскости H по сравнению с изотропным излучателем. Этот коэффициент равен 1.6, т.е. 2.15 dBi (суффикс «i» означает отношение мощности к мощности изотропного излучателя).

Для прямого луча энергия, передаваемая изотропным излучателем к принимающему сигнал приемнику, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними в длинах волн. Потери энергии в свободном пространстве задаются следующим образом:

$$\text{Потери [дБ]} = 10 \lg \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2},$$

где d и λ измеряются в метрах, или:

$$\text{Потери [дБ]} = 32.4 + 20 \lg d + 20 \lg f,$$

где d — расстояние [км], а f — частота [МГц].

Следовательно, потери энергии в свободном пространстве увеличиваются пропорционально квадрату расстояния и квадрату частоты. Числовые примеры приведены на **Рис. 1.5**.

На практике из величины потерь в свободном пространстве, подсчитанной выше, необходимо вычесть коэффициент усиления мощности передающих и принимающих антенн (dBi). Аналогично величину потерь можно подсчитать по формуле:

$$\text{Потери [дБ]} = 10 \lg \left[\frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} \times \frac{1}{G_t G_r} \right],$$

где G_t и G_r — действительные коэффициенты усиления (не в дБ) соответственно передающей и приемной антенны.

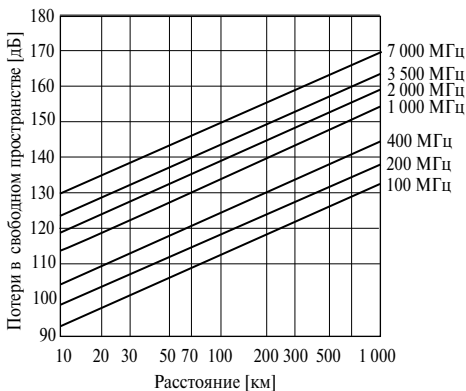


Рис. 1.5. Зависимость потерь энергии в свободном пространстве от расстояния и частоты

Основные потери в системе микроволновой связи и в радиолокационных системах — затухание сигнала в атмосфере (**Рис. 1.6**).

Затухания такого вида являются функцией частоты, и на частотах 22 и 64 ГГц имеют особые точки. Всплески на этих частотах вызваны поглощением энергии в атмосфере соответственно водяными парами и кислородом. Учитывать потери в атмосфере необходимо, работая на любых микроволновых частотах, но диапазон, близкий к этим всплескам, характерен особыми проблемами. Так, например, на частоте 22 ГГц необходимо учитывать дополнительные потери в 1 дБ/км.

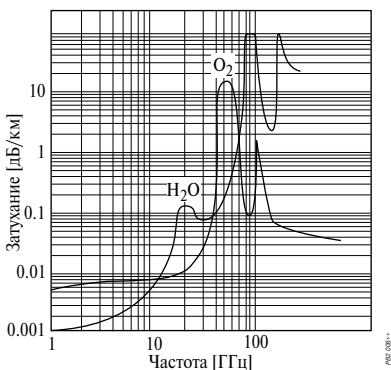


Рис. 1.6. Затухание сигнала в атмосфере