

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	18
О пользовании энциклопедией	20
Список общих аббревиатур	22
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	25
1.1. Алгоритм	25
1.2. Величины, изменяющиеся во времени	26
1.3. Диапазон радиочастот	30
1.4. Информация	31
1.5. Класс радиоизлучения	31
1.6. Методы оптимизации	31
1.7. Модель детерминированного сигнала	37
1.8. Нормативная документация	45
1.9. Основные законы электротехники	46
1.10. Помеха	50
1.11. Помехозащищенность	54
1.12. Помехоустойчивость	54
1.13. Проектирование РЭС	55
1.14. Радиотехника и смежные дисциплины	57
1.15. Радиоэлектронные средства	60

1.16. Сигнал	61
1.17. Система информационная радиотехническая	62
1.18. Случайная величина	64
1.19. Случайное событие	71
1.20. Электричество и магнетизм	73
1.21. Электромагнитная совместимость РЭС	82
1.22. Элементы векторного анализа	82
2. АНТЕННЫ	87
2.1. Адаптивные антенны	89
2.2. Активные антенны	89
2.3. Антенны бегущей волны	90
2.4. Антенные решетки	90
2.5. Апертурные антенны	91
2.6. Вибратор	91
2.7. Вибраторные антенны	92
2.8. Директор	94
2.9. Диэлектрические антенны	94
2.10. Зеркальные антенны	94
2.11. Импедансные антенны	95
2.12. Линзовые антенны	95
2.13. Магнитные антенны	96
2.14. Микрополосковые антенны	96
2.15. Облучатель антенны	97
2.16. Параметры и характеристики антенн	97
2.17. Рамочные антенны	97
2.18. Рефлектор	98
2.19. Рупорные антенны	98
2.20. Слабонаправленные антенны	99
2.21. Спиральные антенны	99
2.22. Широкополосные антенны	100
2.23. Щелевые антенны	100
3. ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА	101
3.1. Гидроакустическая антенна	103
3.2. Гидроакустическая система	105
3.3. Гидролокатор (ГЛ)	106
3.4. Имитатор гидроакустического сигнала	107
3.5. Индикатор гидроакустической станции	107
3.6. Кавитация	107
3.7. Канал звуковой	108
3.8. Мина акустическая	108
3.9. Обработка гидроакустических (ГА) сигналов	108
3.10. Оптимальная рабочая частота гидроакустической (ГА) станции	108
3.11. Параметры и характеристики гидроакустических (ГА) станций	109

3.12. Поглощение акустической энергии	109
3.13. Приемное устройство гидроакустической (ГА) станции	110
3.14. Реверберация	110
3.15. Сила цели	110
3.16. Станция звукоподводной связи	111
3.17. Шумопеленгаторная гидроакустическая станция	111
3.18. Шум океана	112
4. ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА	113
4.1. Аппаратура магнитной записи	114
4.2. Запись звука магнитная	116
4.3. Запись звука механическая	119
4.4. Запись звука фотографическая	119
4.5. Запись звука цифровая	119
4.6. Носитель звукозаписи магнитный	121
4.7. Электропроигрыватель бытовой	121
4.8. Электропроигрывающее устройство	121
4.9. Электрофон бытовой	122
5. ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ	123
5.1. Автотрекинг	124
5.2. Аналоговая магнитная видеозапись	124
5.3. Видеомагнитофон	125
5.4. Искажения изображений	126
5.5. Канал звука видеомагнитофона	126
5.6. Канал изображения видеомагнитофона	126
5.7. Лентопротяжный механизм	126
5.8. Проигрыватель видеодисков	127
5.9. Строчка записи видеомагнитофона	128
5.10. Траектория движения ленты в лентопротяжном механизме	128
5.11. Цифровая магнитная видеозапись	129
5.12. Цифровой видеомагнитофон	131
6. ИНФОРМАЦИЯ И СООБЩЕНИЯ	133
6.1. Байт	134
6.2. Бит	134
6.3. Данные	134
6.4. Избыточность сообщения	134
6.5. Информация	134
6.6. Источник сообщений	134
6.7. Канал связи	135
6.8. Код	135
6.9. Пропускная способность канала связи	136
6.10. Сигнал	137
6.11. Скорость передачи информации	137

6.12. Сообщение	137
6.13. Теория информации	137
6.14. Энтропия информационная	137
7. КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭА	139
7.1. Безопасность РЭА	140
7.2. Бионика	140
7.3. Единая система конструкторской документации	141
7.4. Защита РЭА от воздействия влаги	142
7.5. Защита РЭА от механических воздействий	144
7.6. Защита РЭА от тепловых воздействий	147
7.7. Защита РЭА от электрических, магнитных и электромагнитных полей	152
7.8. Комплексная оценка качества конструкции РЭА	154
7.9. Компоновка РЭА	155
7.10. Миниатюризация	156
7.11. Надежность РЭА	157
7.12. Несущие конструкции РЭА	162
7.13. Патентно-правовые характеристики	163
7.14. РЭА структурного уровня нулевого	163
7.15. РЭА структурного уровня первого	165
7.16. РЭА структурного уровня второго	166
7.17. РЭА структурного уровня третьего	167
7.18. Технологичность РЭА	170
7.19. Точность РЭА	172
7.20. Функционально-узловой метод	178
7.21. Эргономика	179
7.22. Эстетика техническая	180
8. МАТЕРИАЛЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ	181
8.1. Герметики	181
8.2. Жидкие кристаллы	182
8.3. Компаунды	182
8.4. Лаки	182
8.5. Материалы диэлектрические	182
8.6. Материалы конструкционные	185
8.7. Материалы магнитные	186
8.8. Материалы проводящие	188
8.9. Намагниченность	189
8.10. Намагниченности механизмы	190
8.11. Параметры радиоматериалов макроскопические	191
8.12. Пирозлектрики	191
8.13. Полупроводники	191
8.14. Поляризация диэлектриков	192
8.15. Поляризации электрической механизмы	193
8.16. Пробой диэлектриков	194

8.17. Пьезоэлектрики	194
8.18. Свойства материалов радиационные	194
8.19. Свойства материалов физико-механические	195
8.20. Свойства материалов химические	195
8.21. Сегнетоэлектрики	195
8.22. Спектры параметров материалов	196
8.23. Тангенс угла потерь	196
8.24. Термины общие	197
8.25. Электреты	197
8.26. Электропроводности механизмы	197
9. МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ	199
9.1. Адресация	200
9.2. Адресное пространство	200
9.3. Арбитр шины	201
9.4. Архитектура микропроцессора	202
9.5. Ввод-вывод	202
9.6. Генератор тактовых импульсов	202
9.7. Интерфейс	203
9.8. Команда	205
9.9. Контроллер	206
9.10. Контроллер шины	206
9.11. Микроконтроллер	206
9.12. Микропроцессор	212
9.13. МикроЭВМ	214
9.14. Прерывание	214
9.15. Сегментация памяти	215
9.16. Слово машинное	216
9.17. Сопроцессор	216
9.18. Стек (магазин)	216
9.19. Таймер микропроцессора	216
9.20. Фиксатор адреса	217
9.21. Флаг	217
9.22. Цикл машинный	217
9.23. Шина	217
9.24. Шинный формироваель	218
10. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА	219
10.1. Базовый кристалл ИМС	219
10.2. Интегральная микросхема	220
10.3. Интегральная микросхема аналоговая	222
10.4. Интегральная микросхема цифровая	225
10.5. Исполнение ИМС	228
10.6. Коммутационная плата	228
10.7. Микросборка	228

10.8. Надежность ИМС	229
10.9. Подложка ИМС	229
10.10. Технологическая операция	229
10.11. Технология производства ИМС, БИС и МС	233
10.12. Элемент ИМС	236
11. ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ	243
11.1. Взаимодействие электронов с ЭМП	244
11.2. Приборы квантовые	245
11.3. Приборы СВЧ газоразрядные	246
11.4. Приборы СВЧ электровакуумные	247
11.5. Системы СВЧ колебательные и волноведущие	258
11.6. Устройства СВЧ твердотельные	266
11.7. Устройства СВЧ трактовые	275
11.8. Шумы приборов СВЧ	280
12. РАДИОАВТОМАТИКА	283
12.1. Автоматическая система управления	283
12.2. Дискретные системы радиоавтоматики	285
12.3. Моделирование автоматических систем управления	286
12.4. Нелинейные системы радиоавтоматики	288
12.5. Синтез систем радиоавтоматики	289
12.6. Точность систем автоматического управления в установившемся режиме	291
12.7. Устойчивость системы радиоавтоматики	292
12.8. Функциональные системы радиоавтоматики	293
13. РАДИОВЕЩАНИЕ	295
13.1. Бытовая радиоприемная аппаратура	295
13.2. Проводное вещание	300
13.3. Процессор звуковой	301
13.4. Система звукового радиовещания	301
13.5. Система стереофонического радиовещания	304
13.6. Тракт АМ радиовещательного приемника	306
13.7. Тракт ЧМ радиовещательного приемника	307
13.8. Эквалайзер	308
13.9. Эксплуатационные удобства радиовещательного приемника	308
14. РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.	
МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	311
14.1. Анализатор спектров	312
14.2. Ваттметр	314
14.3. Вольтметр электронный	314
14.4. Генератор сигналов измерительный	315
14.5. Девиометр	315
14.6. Измерители параметров компонентов цепей	316

14.7. Измерители характеристик случайных процессов	317
14.8. Измеритель нелинейных искажений	317
14.9. Измерительные устройства СВЧ диапазона	317
14.10. Медицинская радиоэлектронная аппаратура	319
14.11. Модулометр	321
14.12. Мультиметр	321
14.13. Осциллограф электронный	321
14.14. Фазометр	322
14.15. Характериограф	322
14.16. Частотомер	323
15. РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ СВЯЗЬ	325
15.1. Виды радиолобительской связи	325
15.2. Диапазоны частот радиолобительской связи	329
15.3. Диплом радиолобительский	329
15.4. Документация любительской радиостанции	329
15.5. Категория любительской радиостанции	330
15.6. Классы излучений любительских радиостанций	330
15.7. Позывной любительской радиостанции	330
15.8. РЭА радиолобительская	331
15.9. «Язык» радиолобительской связи	332
16. РАДИОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	333
16.1. Возбудитель РПДУ	334
16.2. Генератор с внешним возбуждением	339
16.3. Каскады усиления колебаний ВЧ и преобразования частоты РПДУ	346
16.4. Передающее устройство оптической связи	348
16.5. Передающее устройство радиовещания	349
16.6. Передающее устройство радиосвязи	350
16.7. Передающее устройство радиорелейной линии космической связи	351
16.8. Передающее устройство радиорелейной линии наземной связи	352
16.9. Передающее устройство сигналов с АМ	352
16.10. Передающее устройство сигналов с импульсно-аналоговой модуляцией	354
16.11. Передающее устройство сигналов с однополосной модуляцией	354
16.12. Передающее устройство сигналов с угловой модуляцией	356
16.13. Передающее устройство тропосферной связи	357
16.14. Радиолокационное передающее устройство	357
16.15. Телевизионная передающая станция	357
17. РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА	359
17.1. Автоматическая подстройка частоты	359
17.2. Автоматическая регулировка усиления	362
17.3. Адаптивная антенная решетка	365
17.4. Вторичная обработка	367
17.5. Входное устройство РПРУ	367

17.6. Грозоотметчик А.С.Попова	369
17.7. Детектор приемников сигналов с АМ	370
17.8. Детектор приемников сигналов с ЧМ	373
17.9. Помехозащищенность РПрУ от промышленных помех	374
17.10. Помехоустойчивость радиоприема	374
17.11. Помехоустойчивость РПрУ при воздействии импульсных помех	374
17.12. Помехоустойчивость РПрУ при воздействии пассивных помех	377
17.13. Помехоустойчивость РПрУ при воздействии сосредоточенных по спектру помех	377
17.14. Помехоустойчивость РПрУ при воздействии флуктуационных помех	380
17.15. Преобразователь частоты супергетеродинного приемника	386
17.16. Пространственно-временная обработка	390
17.17. Радиоприемное устройство аналоговых сигналов с АМ	391
17.18. Радиоприемное устройство аналоговых сигналов с ОМ	393
17.19. Радиоприемное устройство аналоговых сигналов с ЧМ	394
17.20. Радиоприемное устройство импульсных сигналов	397
17.21. Радиоприемное устройство импульсно-аналоговых сигналов	401
17.22. Радиоприемное устройство импульсно-дискретных сигналов	405
17.23. Радиоприемные устройства различного назначения	411
17.24. Радиоприемное устройство сигналов миллиметровых волн	421
17.25. Радиоприемное устройство сигналов в оптическом диапазоне волн	422
17.26. Радиоприемное устройство цифровое	424
17.27. Структура радиоприемного устройства	427
17.28. Типовой тракт обнаружения сигналов	432
17.29. Усилитель промежуточной частоты супергетеродинного приемника	436
17.30. Усилитель сигнальной частоты РПрУ	443
17.31. Характеристики радиоприемного устройства	449
17.32. Шумы РПрУ	454
18. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	459
18.1. Измерение скорости движения цели	460
18.2. Индикаторные устройства	461
18.3. Пассивные переизлучатели	466
18.4. Показатели качества радиотехнических систем	467
18.5. Преобразование аналоговых сигналов РЛС в цифровую форму	470
18.6. Противорадиолокационное покрытие	471
18.7. Радиодальнометрия	472
18.8. Радиолокация	475
18.9. Радиолокационные цели	477
18.10. Радиометеорология	478
18.11. Радиометр	479
18.12. Радионавигация	480
18.13. Радиопеленгация	483
18.14. Радиосвязь	486
18.15. Радиотелескоп	500

18.16. Радиотехническая разведка	500
18.17. Радиоуправление	501
18.18. Радиоэлектронная борьба	501
18.19. Теплолокация	501
19. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ	503
19.1. Гармонический анализ колебаний в нелинейных безынерционных цепях	503
19.2. Генерирование гармонических колебаний	506
19.3. Дискретизация сигналов	511
19.4. Корреляционный анализ детерминированных сигналов	513
19.5. Параметрическое усиление и возбуждение колебаний	516
19.6. Преобразование детерминированных сигналов в линейных цепях	518
19.7. Преобразование детерминированных сигналов в нелинейных цепях	522
19.8. Преобразование случайных сигналов в линейных цепях	526
19.9. Преобразование случайных сигналов в нелинейных цепях	527
19.10. Радиосигнал	531
19.11. Системы колебательные нелинейные под внешним воздействием	536
19.12. Спектральный анализ непериодических сигналов	537
19.13. Спектральный (гармонический) анализ периодических сигналов	543
20. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭС	547
20.1. Автоматизация проектирования	548
20.2. Автоматизированное рабочее место	548
20.3. Алгоритмы анализа электрических схем	549
20.4. Алгоритмы компоновки схем	555
20.5. Алгоритмы компьютерной графики	556
20.6. Алгоритмы оптимизации электрических схем	558
20.7. Алгоритмы размещения элементов	559
20.8. Алгоритмы трассировки	561
20.9. База данных	562
20.10. База знаний	563
20.11. Информационное обеспечение САПР	564
20.12. Лингвистическое обеспечение САПР	564
20.13. Математические модели компонентов схем и схем РЭС	565
20.14. Математические модели конструкций РЭС	566
20.15. Методы автоматизированного поиска технических решений	567
20.16. Программное обеспечение САПР	568
20.17. Техническое обеспечение САПР	568
20.18. Экспертные системы	569
21. СТАТИСТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	571
21.1. Алгоритмы статистического синтеза	572
21.2. Оптимальная фильтрация	574

21.3. Случайный процесс	583
21.4. Статистический синтез информационных систем при априорной неопределенности	593
21.5. Статистический синтез информационных систем при априорной определенности	607
22. ТЕЛЕВИДЕНИЕ	613
22.1. Воспроизводящее устройство	613
22.2. Датчик телевизионного сигнала	615
22.3. Информационная оценка телевизионных изображений	616
22.4. Контроль параметров телевизионного сигнала	617
22.5. Разложение изображений	618
22.6. Сигналы вещательного телевидения	619
22.7. Система вещательного телевидения	619
22.8. Специализированные телевизионные системы	622
22.9. Телевидение высокой четкости	623
22.10. Телевизор	623
22.11. Телерадиоаппаратура типовая	625
22.12. Физико-физиологическая основа телевидения	625
22.13. Цифровой способ передачи и обработки изображений	627
22.14. MPEG-2 — цифровой единый стандарт начала XXI века	627
23. ТЕОРИЯ ЦЕПЕЙ	629
23.1. Двухполюсник	630
23.2. Колебательная цепь	630
23.3. Многополюсник	634
23.4. Модели электрических цепей и элементов	636
23.5. Общие методы анализа линейных цепей в установившихся режимах	638
23.6. Переходные процессы в линейных цепях	641
23.7. Фильтр электрический	643
23.8. Функции линейной цепи	646
23.9. Характеристики нелинейных элементов	648
23.10. Цепь с распределенными параметрами	650
23.11. Четырехполюсник	652
23.12. Эквивалентные преобразования линейных цепей	655
24. УСТРОЙСТВА АНАЛОГОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	659
24.1. Активное устройство обработки сигналов на операционном усилителе	659
24.2. Активный RC-фильтр на операционном усилителе	666
24.3. Включение транзистора в каскаде обработки сигнала	669
24.4. Детектор АМ сигналов	676
24.5. Детектор ФМ сигналов	679
24.6. Детектор ЧМ сигналов	681
24.7. Каскад аналоговой обработки сигнала	685
24.8. Каскад избирательный (селективный)	685

24.9. Каскад мощный выходной	693
24.10. Каскад с общей базой (затвором)	697
24.11. Каскад с общим коллектором (стоком)	698
24.12. Каскад с общим эмиттером (истоком)	699
24.13. Каскад фазоинверсный (парафазный)	701
24.14. Каскад широкополосный	702
24.15. Обратная связь электронная	705
24.16. Ограничитель	710
24.17. Операционный усилитель	711
24.18. Питание транзистора	717
24.19. Преобразователь частоты	724
24.20. Регенеративный усилитель	728
24.21. Регуляторы усилителей звука	731
24.22. Упрощенный сравнительный анализ схем усиления	736
24.23. Усилитель постоянного тока	739
24.24. Электронный усилитель аналоговых сигналов	744
25. УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	751
25.1. Аналого-цифровой преобразователь	752
25.2. Арифметико-логическое устройство	753
25.3. Быстрое преобразование Фурье	753
25.4. Генератор импульсов	753
25.5. Генератор чисел	755
25.6. Двоичная арифметика	755
25.7. Делитель частоты импульсов	756
25.8. Демультимплексор	756
25.9. Дешифратор	756
25.10. Дискретное преобразование Фурье	757
25.11. Запоминающее устройство	757
25.12. Код	758
25.13. Комбинационное устройство	758
25.14. Компаратор цифровой	759
25.15. Логическая функция	759
25.16. Мультиплексор	761
25.17. Программируемая логическая матрица	762
25.18. Регистр	762
25.19. Решетчатая функция (последовательность)	763
25.20. Свертка дискретная	763
25.21. Система счисления позиционная	763
25.22. Сумматор	764
25.23. Счетчик	765
25.24. Триггер	766
25.25. Умножитель чисел	767
25.26. Форма представления чисел	768
25.27. Цифро-аналоговый преобразователь	769

25.28. Цифровой автомат	769
25.29. Цифровой сигнал	770
25.30. Цифровой фильтр	770
25.31. Шифратор	775
25.32. Z-преобразование	775
26. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	777
26.1. Акустооптика	777
26.2. Акустоэлектроника	778
26.3. Голография	781
26.4. Дифракционное устройство	782
26.5. Интегральная оптика	783
26.6. Криоэлектроника	784
26.7. Магнитооптика	785
26.8. Магнитоэлектроника	785
26.9. Молекулярная электроника	787
26.10. Оптоэлектроника	792
26.11. ПАВ-устройства нелинейные	794
26.12. Электротеплоэлектроника	795
27. ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ И ЗВУКОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА	797
27.1. Акустическая система	797
27.2. Акустическое поле	798
27.3. Головка громкоговорителя	799
27.4. Микрофон	800
27.5. Озвучивание помещений и открытых пространств	801
27.6. Орган слуха	803
27.7. Разборчивость речи	805
27.8. Стереофоническая система повышенного качества	805
27.9. Устройство обработки акустических сигналов	806
27.10. Устройство передачи акустических сигналов	808
27.11. Электромеханическая аналогия	808
28. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН	809
28.1. Вектор волновой	810
28.2. Вектор Пойнтинга—Умова	810
28.3. Виды колебаний резонатора	810
28.4. Возбуждение электромагнитных волн	812
28.5. Волна электромагнитная	812
28.6. Волновое сопротивление	813
28.7. Волновое уравнение	813
28.8. Гармоника пространственная	814
28.9. Глубина проникновения поля	814
28.10. Граничные условия электродинамики	814

28.11. Дисперсия электромагнитных волн	814
28.12. Дифракция электромагнитных волн	815
28.13. Длина электромагнитной волны	815
28.14. Длина электромагнитной волны критическая	815
28.15. Добротность резонатора	815
28.16. Зоны Френеля	816
28.17. Излучение электромагнитных волн	816
28.18. Ионосфера	817
28.19. Линия передачи электромагнитной энергии	818
28.20. Поляризация электромагнитных волн	818
28.21. Потенциалы электродинамические векторные	819
28.22. Потенциалы электродинамические скалярные	819
28.23. Принцип Гюйгенса	819
28.24. Принцип перестановочной двойственности	819
28.25. Распространение радиоволн	819
28.26. Скорость электромагнитных волн групповая	821
28.27. Скорость электромагнитных волн фазовая	821
28.28. Теоремы электродинамики	821
28.29. Типы электромагнитных волн	823
28.30. Ток пространственный	824
28.31. Токи сторонние	824
28.32. Тропосфера	824
28.33. Уравнения Гельмгольца	825
28.34. Уравнения Максвелла	825
28.35. Фронт электромагнитной волны	825
28.36. Функция Грина	825
28.37. Характеристическое сопротивление	826
29. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ	827
29.1. Биполярный транзистор	827
29.2. Газовый разряд	829
29.3. Газоразрядный (ионный) прибор	830
29.4. Жидкий кристалл	831
29.5. Индикатор средств отображения информации	831
29.6. Катод электровакуумного прибора	833
29.7. Полевой транзистор	833
29.8. Полупроводники	835
29.9. Полупроводниковый диод	835
29.10. Тиристор	839
29.11. Фотозлектрический приемник оптического излучения	840
29.12. Фотозлектрические эффекты	840
29.13. Фотозлектронный умножитель	840
29.14. Шумы электронных приборов	840
29.15. Электрический переход	841
29.16. Электронная лампа	843

29.17. Электронно-лучевой прибор	844
29.18. Электронно-лучевой прибор передающий	845
29.19. Электронно-лучевой прибор преобразовательный	846
29.20. Электронно-лучевой прибор приемный	846
30. ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ РЭС	849
30.1. Аккумулятор	849
30.2. Выпрямитель	850
30.3. Источник вторичного электропитания	851
30.4. Источник питания с бестрансформаторным входом	852
30.5. Источник питания первичный	852
30.6. Преобразователь напряжения	855
30.7. Стабилизатор напряжения (тока)	856
30.8. Фильтр сглаживающий	859
31. ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТЫ	861
31.1. Дроссель питания	861
31.2. Кабель	862
31.3. Катушка индуктивности ВЧ	862
31.4. Коммутационное устройство	865
31.5. Конденсатор	867
31.6. Линия задержки	869
31.7. Предохранитель	870
31.8. Провод (проволока)	870
31.9. Резистор	870
31.10. Трансформатор	872
32. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА	877
32.1. Датчик	878
32.2. Магнесин	878
32.3. Машина электрическая	878
32.4. Сельсин	881
32.5. Стабилизатор ферромагнитный	882
32.6. Тахогенератор	882
32.7. Трансформатор вращающийся	882
32.8. Усилитель электромагнитный (магнитный)	883
32.9. Устройство исполнительное	883
33. ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ	885
33.1. Адрес	885
33.2. Алгоритм	886
33.3. Ассемблер	886
33.4. Библиотека программ	886
33.5. Блок	886

33.6. Генерация программных средств	886
33.7. Данные	886
33.8. Комментарий	886
33.9. Макросредства	887
33.10. Массив данных	887
33.11. Метка	887
33.12. Модуль	887
33.13. Монитор	887
33.14. Оверлей	888
33.15. Оператор	888
33.16. Отладка программы	889
33.17. Память виртуальная	889
33.18. Параметр фактический	889
33.19. Параметр формальный	889
33.20. Переменная	889
33.21. Подпрограмма	889
33.22. Программирование	889
33.23. Редактор связей	891
33.24. Режим диалоговый	891
33.25. Режим интерактивный	891
33.26. Режим мультизадачный (мультипрограммирования)	891
33.27. Режим пакетной обработки	891
33.28. Режим разделения времени	892
33.29. Режим реального времени	892
33.30. Система операционная	892
33.31. Точка входа	892
33.32. Точка повторного входа	892
33.33. Точка прерывания	892
33.34. Транслятор	892
33.35. Файл	892
33.36. Формат	892
33.37. Язык программирования	893
Предметный указатель	897

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ничему нельзя научить, можно только научиться.

А. Эйнштейн

Мы столько можем, сколько знаем.

Ф. Бэкон

Sapere aude — дерзай знать.

Отечественная и зарубежная практика высшей школы убеждает нас в том, что самостоятельная работа студентов является основным звеном современного учебного процесса, поскольку именно она формирует систему знаний будущего инженера. Для ее организации прежде всего необходима учебно-методическая литература. При этом нужно отметить два обстоятельства: очень большую разветвленность современной радиоэлектроники, что затрудняет формирование индивидуальной библиотеки инженера, и необходимость оперативного получения справочной информации по вопросам, возникающим во время самостоятельной работы с технической литературой. Исходя из этого авторы ставили перед собой две задачи:

создать специализированную учебную энциклопедию по радиотехнике, терминологический состав которой в основном отвечал бы программам дисциплин радиотехнических специальностей;

создать комплекс сжатых учебных пособий по дисциплинам, названия которых вынесены в заглавия 33 глав книги.

Можно надеяться, что предложенная энциклопедия улучшит научно-методическое обеспечение учебного процесса и будет способствовать повышению качества подготовки радиоинженеров, поскольку с начала обучения студент получает возможность самостоятельно выяснить для себя вопросы, возникающие во время учебы или при чтении технической литературы. Радиотехническая студенческая энциклопедия, насколько нам известно, аналогов не имеет.

Энциклопедия содержит около 2500 статей, поясняющих почти 4000 наиболее употребляемых в радиотехнике терминов. Поскольку книга должна быть одновременно и энциклопедией, и учебным пособием, в ней используется комбинированная система расположения терминов (статей): по темам они разделены на главы, которые отвечают учебным дисципли-

нам, а в пределах глав расположены в алфавитном порядке. Типовая статья энциклопедии содержит определение и сжатое описание предмета, в случае необходимости оно сопровождается справками теоретического или прикладного характера, математическими выкладками, схемами и чертежами. Предметами рассмотрения служат явления, процессы, устройства, их схемы и конструкции, материалы, теоретические положения, способы, закономерности, идеи.

В энциклопедии читатель найдет как обзорные статьи по основным направлениям развития радиотехники, так и короткие сведения по отдельным вопросам, а также статьи-понятийные определения. Обеспечена возможность пользования энциклопедией без обращения к дополнительной литературе. Паритетно изложены материалы теоретического и прикладного характера, физические подходы и способы формализации, вопросы системотехнической, общетеоретической, схемотехнической и конструкторской подготовки специалиста. Подробно рассмотрены современные методы анализа радиотехнических устройств и систем, в том числе методы оптимизации, математической статистики, автоматизированного проектирования. Значительное внимание уделено повышению надежности и степени интеграции радиоаппаратуры, помехоустойчивой обработке сигналов и статистическому синтезу информационных систем, микроэлектронике, функциональной электронике, технике СВЧ, использованию вычислительных устройств и микропроцессоров, адаптивным методам обработки информации, медицинской электронике и т.д.

Основная сложность при написании книги состояла в том, чтобы необычайно обширный по тематике материал изложить в относительно ограниченном объеме. При этом информационная насыщенность статей должна была сочетаться с доступностью изложения: авторы не стремились к математической строгости

там, где отказ от нее мог упростить изложение и обеспечить лучшее понимание материала.

Справочник адресован широкому кругу читателей: студентам радиотехнических, радиоэлектронных и смежных специальностей высших учебных заведений, аспирантам, радиоинженерам, радиолюбителям (для них предусмотрена специальная глава) — всем тем, чьи интересы или практическая деятельность связаны с использованием радиоэлектронных средств. Там, где это возможно, справочник строился по «двухслойной» структуре: сначала приводится описание без обращения к математическим методам и формализации так, чтобы даже студент-первокурсник, встретив незнакомый термин, мог понять о чем идет речь; для более подготовленных читателей материал излагается на достаточно высоком уровне. Очевидно, что каждый читатель в зависимости от цели и уровня подготовки найдет свой подход к использованию книги.

Энциклопедия по радиотехнике создана коллективом преподавателей радиотехнического факультета Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Его содержание базируется на материалах лекционных курсов, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Материал энциклопедии распределен между авторами следующим образом: В.Т. Бе-

линский — гл. 33, предметный указатель; Г.И. Васюк — гл. 6, ст. 21.5; Вал.С. Вунтесмери — гл. 8, 26, ст. 1.9; Вл.С. Вунтесмери — гл. 28, ст. 1.9, 1.20, 1.22; В.П. Гондюл — гл. 20, ст. 1.6; А.Б. Грозин — гл. 4, 31; С.М. Дьяченко — гл. 29; А.Р. Комарчук — гл. 16; О.П. Лысенко — гл. 9, 25; Ю.Л. Мазор — предисловие, «О пользовании энциклопедией», гл. 7, 13, 17, ст. 1.1—1.5, 1.9—1.15, 1.17, 1.20, 21.1, 21.4, 21.5, 24.4—24.6, 24.16; А.С. Макаренко — ст. 1.18, 1.19, 21.2, 21.3; Е.А. Мачусский — гл. 2, 11, ст. 1.20, 24.22; С.Б. Могильный — ст. 9.9, 9.11, 25.1, 25.12, 25.28, 25.29; Ю.Л. Новоборский — гл. 14, 19, 23, ст. 1.7, 1.9, 1.16, 1.20; Н.А. Першин — гл. 15, 30, 32, ст. 18.14; В.И. Правда — гл. 18; Н.М. Прищепа — гл. 10; А.И. Рыбин — ст. 14.10; С.А. Седов — гл. 3, 5, 22, 24, 27; Ю.И. Таныгин — гл. 12, ст. 1.8, 1.9, 1.21; В.Ю. Чех — ст. 25.4, 25.32, 26.9.

Практически невозможно назвать всех, кто содействовал созданию этой книги. Однако авторы не могут не выразить глубокой благодарности В.Т.Белинскому за весомый вклад в улучшение качества справочника и помощь при его редактировании, а также группе преподавателей, аспирантов, студентов и сотрудников Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» за помощь при подготовке отдельных глав.

О ПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЦИКЛОПЕДИЕЙ

Структура книги. Энциклопедия содержит 33 главы, охватывающие около 2500 статей (4000 терминов), а также список общих аббревиатур, предметный указатель и оглавление. Принята поглавная алфавитно-гнездовая система расположения терминов. Книга начинается вступительной главой (Общие сведения), в которой собран минимум сведений, необходимых для дальнейшего изучения тематических глав. Читая ее, важно понять содержание основных определений и освоить принятую терминологию. Далее по алфавиту располагаются тематические главы, каждая из которых отвечает определенной учебной дисциплине.

Структура главы. Каждая глава начинается вступительной статьей, введением к изучению основного материала. Эта статья содержит определение предмета главы, классификацию и общие сведения, а также сжатую аннотацию. Поскольку статьи главы расположены (как в толковом словаре) в алфавитном порядке, для использования книги в качестве сжатого учебника приведены рекомендации о порядке изучения статей главы. При этом используются три типа статей: отдельная, гнездовая и входящая, которая входит в гнездовую; каждая из названных статей начинается соответствующим термином — отдельным, гнездовым или входящим. Отдельные и гнездовые статьи располагаются в главе в алфавитном порядке следования терминов, имеют шрифтовое выделение и сквозную двузначную нумерацию (первая цифра — номер главы, вторая — порядковый номер статьи). В конце главы приводится список использованной и рекомендуемой литературы, которая может помочь читателю углубить свои знания по рассмотренным вопросам.

Структура гнезда имеет два варианта: в первом варианте гнездовой термин представляется собой заголовок гнезда и печатается отдельной строкой, за которой следуют входящие в это гнездо статьи; во втором варианте гнездовой термин сопровождается обзорной статьей, содержащей материалы, общие для всего гнезда. В пределах каждого гнезда входящие статьи расположены в алфавитном порядке, статьи не нумеруются, но имеют шрифтовое выделение терминов, а также абзацный отступ.

Структура статьи. Каждая статья энциклопедии содержит термин (название), его определение и сжатое толкование; в случае необходимости изложение сопровождается сведениями теоретического или прикладного характера, математическими выкладками, схемами и чертежами. В справочнике есть статьи двух типов: развитая статья и статья-определение. В обоих случаях отдельные, гнездовые и входящие термины этих статей вносятся в предметный указатель.

Однословные термины являются ключевым словом — существительным в именительном падеже единственного числа, за исключением тех случаев, когда обычной формой представления является множественное число. Слова многословных терминов, как правило, группируются за ключевым словом гнезда в порядке уменьшения общности. Встречаются также термины, которые авторы считают нужным подчеркнуть, не вынося их в отдельную статью. Эти термины выделены курсивом, и они также внесены в предметный указатель. В отдельных случаях, при достаточно большом объеме курсивного текста, рассматриваемый термин выделяется абзацным отступом.

Таблицы и рисунки имеют двузначную нумерацию: первая цифра — номер главы, вторая — порядковый номер в ее пределах. Нумерация формул и литературных ссылок однозначная: дается лишь порядковый номер в пределах гнезда и главы соответственно. Подрисуночные подписи (за исключением номера рисунка) отсутствуют, позиции рисунков поясняются в тексте статьи.

Сокращения и аббревиатуры, использованные в тексте, можно разбить на четыре группы:

— сокращения отдельных, гнездовых, входящих и курсивных терминов в тексте статьи представлены буквами без дополнительной расшифровки. Если термин однословный, то он обозначается прописной буквой с точкой, а если многословный, то первая буква — прописная с точкой, последующие — строчные с точкой;

— наиболее употребительные аббревиатуры, которые внесены в список, помещенный в начале книги, выполнены прописными буквами без точек, действуют во всех разделах справочника и в тексте не расшифровываются;

— менее употребительные (частные) аббревиатуры представлены прописными буквами без точек. Вводятся в текст с расшифровкой при первом упоминании и действуют только в пределах той статьи, где они введены — например, идеальный полосовой фильтр (ИПФ). Так же вводятся аббревиатуры иллюстрационных обозначений, которые расшифровываются в тексте статьи.

В книге широко используются ссылки для того, чтобы избежать лишних повторений. Ссылки на статью двузначные: первые цифры до точки — номер главы, а после нее — номер статьи, например, см. ст. 13.2. При ссылке на входящую статью или курсивный термин определяется только номер гнезда. Далее читатель должен отыскать нужную статью в пределах этого гнезда. Аналогично выполнены ссылки на рисунок (см. **Рис. 26.36**) или таблицу (см. **Табл. 27.2**). Ссылки на формулу или литературу — однозначные, например, (7) или [5] соответственно; действуют в пределах главы.

Предметный указатель. Энциклопедия содержит алфавитный предметный указатель,

в который внесены все выделенные термины: отдельные, гнездовые, входящие и курсивные. Каждый из них имеет страничный адрес.

В сложных терминах слова, расположенные после ключевого слова, следуют, как правило, в порядке уменьшения общности (например, приемник оптимальный различения дискретных сигналов бинарных с неизвестной начальной фазой).

Способы пользования энциклопедией. Возможны два способа пользования: режим поиска термина (толковый словарь) и режим изучения дисциплины (сжатый учебник). В первом режиме читатель находит термин, который его интересует, по адресу, указанному в предметном указателе. Если термин используется в разных местах книги, то в адресе первой указывают статью-определение, а затем статьи основного использования термина.

В режиме изучения следует по оглавлению найти нужную главу (дисциплину), во вступительной части которой приведен рекомендуемый порядок изучения статей.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Главное назначение вступительной главы радиотехнической энциклопедии — дать читателю общие сведения, необходимые для изучения последующего материала. Здесь рассматриваются основные понятия и законы электричества и магнетизма, приводятся широкоупотребительные термины, освещаются понятия, общие для многих разделов книги: модели сигналов и помех, помехоустойчивость, методы оптимизации, способы проектирования, случайные величины и процессы, элементы векторного анализа, информация и информационные системы, нормативная документация и т.п. Дается определение радиотехники и смежных научно-технических дисциплин. При изучении вступительной главы важно понять смысл основных определений, освоить терминологию.

1.1. АЛГОРИТМ (от *algorithmi* — латинизированной формы фамилии среднеазиатского ученого Аль-Хорезми) — однозначное правило (процедура, последовательность указаний, инструкций), которое опирается на конечную последовательность пошаговых операций и дает возможность за конечное время найти решение отдельной задачи или любой задачи из некоторого класса задач. А. не имеет формального определения в терминах более простых понятий. При его реализации процесс решения формализуется, разбивается на простые операции, в которых последующие шаги, как правило, зависят от результатов предыдущих, а переходы между ними возможны только одним единственным путем. К А. предъявляются три основных требования. Он должен быть однозначным — различные толкования исключаются; обладать свойством массовости — возможностью использования для широкого круга исходных величин (параметров); иметь свойство результативности — обязательно давать результат после конечного

- Любая техническая дисциплина является пирамидой знаний, в основание которой заложены общие сведения.
 - Знания только тогда знания, когда они получены усилиями мышления, а не памяти.
Л.Н. Толстой
 - Нет ничего более практичного, чем хорошая теория.
 - Знать — это уметь дать определение.
Сократ
- Математика — королева естественных наук.
К.Ф. Гаусс
 - Мы все учились понемногу Чему-нибудь и как-нибудь.
А.С. Пушкин

числа шагов. Программа — запись A . решения задачи на одном из языков программирования.

Понятие A . занимает важное место в современной математике. Теория A . наряду с математической логикой составляет теоретический фундамент кибернетики и используется для создания быстродействующих ЭВМ, что, в свою очередь, обеспечивает возможность построения сложнейших A ., которые включают сотни тысяч шагов (элементарных операций). Вместе с тем не следует ограничивать A . только областью цифровых вычислений — исходными данными для A . могут быть различные объекты: A . перевода с одного языка на другой, A . работы диспетчера, A . управления и т.д., где используются операции с произвольными символами.

1.2. ВЕЛИЧИНЫ, ИЗМЕНЯЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЕНИ, — величины, которые на протяжении заданного интервала времени приобретают различные значения.

К ним относится большинство физических величин, которые используются в радиотехнике. В зависимости от степени определенности ожидаемых значений V . и v . подразделяют на детерминированные (от лат. *determino* — определяю) и случайные. Для первых мгновенные значения известны в любой момент времени, для вторых — наперед неизвестны и могут быть лишь предсказаны с определенной вероятностью.

По особенностям временной структуры V . и v . подразделяют на непрерывные (аналоговые или континуальные) и дискретные. Непрерывная величина имеет бесконечно малое приращение при бесконечно малом изменении времени. Дискретная величина (от лат. *discretus* — прерывистый) — изменяется скачкообразно и состоит из отдельных прерывистых частей; математическим изображением ее является разрывная функция времени. Из детерминированных V . и v ., как дискретных, так и аналоговых, по степени регулярности выделяют периодические и непериодические (апериодические) величины [1].

Импульсная величина (импульс) — дискретная величина с конечной энергией, существенным образом отличной от нуля на протяжении ограниченного интервала времени; при этом ограниченность интервала оценивают относительно промежутка времени, на протяжении которого I . v . находится в нулевом состоянии. I . v . $x(t)$ может существовать в виде отдельных импульсов или импульсной последо-

вательности, которая принадлежит сигналу или помехе:

$$x(t) = \sum_{i=1}^N A_{mi}(t - t_i, \tau_i, T_i),$$

где A_{mi} — максимальное значение (высота) i -го импульса; t_i — время его появления; τ_i — продолжительность импульса; T_i — интервал следования; N — число импульсов в последовательности (см. **Рис. 1.9, а**).

В зависимости от природы, происхождения и назначения импульсные последовательности могут иметь вид детерминированных или случайных процессов (периодических или аperiodических), а приведенные выше параметры (A_i, t_i, τ_i, T_i) — могут быть детерминированными, случайными или смешанными. Так, в импульсной последовательности с детерминированным тактовым интервалом время появления i -го импульса можно представить в виде

$$t_i = iT + \xi_i(t), \quad \overline{\xi_i(t)} = 0,$$

где iT — регулярная, $\xi_i(t)$ — случайная компоненты.

Приведем два неравенства, характерных для I . v .

$$T_i \gg \tau_i, \quad T_i \gg \tau_{уст},$$

где $\tau_{уст}$ — время установления переходного процесса в системе, на которую воздействует импульс.

Эти неравенства дают возможность рассматривать каждый импульс последовательно как отдельный процесс, в отличие от флуктуационного процесса, где отдельные элементарные импульсы перекрываются. При этом случайное импульсное воздействие часто упрощенно рассматривают как детерминированное воздействие некоторого среднестатистического импульса.

Видеоимпульс — импульс без заполнения несущей, который в большинстве случаев является односторонним (однополярным) отклонением от постоянного (в частности, нулевого) уровня и спектр которого сосредоточен в области, несущественно превышающей полосу частот $\Delta F = 1/\tau_i$ (см. ст. 17.20). Форма импульса может быть различной: прямоугольной, экспоненциальной, трапецевидной и т.п. В РТС передачи информации последняя заключается в одном или нескольких параметрах видеоимпульса. При этом видеоимпульсы формируются в результате первичной модуля-

ции периодической импульсной последовательности сообщением, полученным с выхода физико-электрического преобразователя — ФЭПИ (см. Рис. 1.12, в). Далее видеоимпульсы используются для вторичной модуляции колебаний НсЧ. Сообщение, которое состоит из ряда видеоимпульсов, число, форма и параметры которых известны, называется *кодовой группой импульсов*.

Импульсно-аналоговый сигнал имеет вид последовательности радиоимпульсов, параметры которых функционально связаны с аналоговым сообщением, которое передается. Такой сигнал образуется в результате вторичной модуляции (АМ, ЧМ, ФМ) колебаний НсЧ последовательностью видеоимпульсов. В зависимости от вида первичной модуляции последовательности видеоимпульсов различают АИМ, ЧИМ, ШИМ, ИКМ (см. ст. 17.21).

Импульсно-дискретный сигнал имеет вид дискретной последовательности радиоимпульсов, причем каждый из них отвечает конечному множеству символов, которые отображают сообщение. В двоичной системе параметр модуляции может приобретать одно из двух дискретных значений (двоичная манипуляция). В зависимости от параметра, который подлежит манипуляции, различают АМн, ЧМн, ФМн (см. ст. 17.22).

Комплексная спектральная плотность импульса (непериодической последовательности импульсов)

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt = |S(\omega)|e^{-j\theta(\omega)} = \\ = \operatorname{Re}[S(\omega)] - j\operatorname{Im}[S(\omega)],$$

где

$$\operatorname{Re}[S(\omega)] = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\cos\omega t dt; \\ \operatorname{Im}[S(\omega)] = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\sin\omega t dt.$$

Модуль спектральной плотности импульса

$$|S(\omega)| = \sqrt{\operatorname{Re}^2[S(\omega)] + \operatorname{Im}^2[S(\omega)]}.$$

Аргумент спектральной плотности импульса

$$\theta(\omega) = \arg S(\omega) = \arctg [\operatorname{Im} S(\omega)/\operatorname{Re} S(\omega)].$$

Радиоимпульс — конечная последовательность несущих колебаний ВЧ, огибающая ко-

торой имеет форму видеоимпульса (см. ст. 17.21). В РТС передачи информации радиоимпульсы формируются в результате вторичной модуляции колебаний НсЧ видеоимпульсами. В РТС извлечения информации, например при активной локации, радиоимпульс получает информацию при его отражении от цели. Сигнал, который имеет вид последовательности конечного и известного числа радиоимпульсов одинаковой формы, называют *пачкой радиоимпульсов*.

Колебание — движение или изменение состояния, для которого характерна определенная повторяемость во времени. *Биение* — периодическое изменение во времени амплитуды К., которое возникает при сложении двух или более гармонических К. с близкими частотами. *Капериодические* — К., которые затухают за время, соизмеримое с их периодом. *К. вынужденные* — К., вызванные внешним воздействием. *К. собственные (свободные)* — затухающие К., которые возникают без внешнего воздействия благодаря энергии, предварительно накопленной в системе. *К. электрические* — периодические изменения напряжения, тока, заряда в электрических цепях, которые сопровождаются соответствующими изменениями электрических и магнитных полей. *К. затухающие (незатухающие)* — К., энергия которых с течением времени уменьшается до нуля (остаётся постоянной). *К. модулированные* — К., характер которых изменяется в соответствии с передаваемым сообщением с периодом, намного большим, чем период несущих К. *К. несущие* — К., которые используют для передачи сообщения с помощью их модуляции. *К. параметрические* — К., которые обусловлены и поддерживаются изменением параметров колебательной системы. *К. периодические* — К., мгновенные значения которых повторяются через одинаковые промежутки времени. *К. упругие (акустические)* — знакопеременное движение в упругой среде, например в пьезоэлектрических устройствах. *К. резонансные* — К., которые возникают, если период вынужденных К. близок к периоду собственных К. *К. релаксационные* — собственные К., которые существенно отличаются по форме от гармонических. Это К. с резко выраженными границами сравнительно медленных и быстрых изменений, которые обусловлены постепенным накоплением энергии в одном элементе и быстрой передачей ее другому. *К. стационарные (нестационарные)* — К., характеристики которых не зависят (зависят) от времени.

Колебания гармонические (монохроматические) — частный случай колебаний, у которых периодическое изменение физических величин происходит по законам синуса или косинуса. *Амплитуда* — максимальное значение величины $x = A \cos \varphi$, которая гармонически колеблется. *Амплитуда комплексная* — комплексная величина $A = |A|e^{j\theta}$, модуль которой равен амплитуде, а аргумент — начальной фазе. *К. квадратурные* — К. г., частоты которых совпадают, а разность фаз составляет $\pi/2$ радиан. *К. когерентные* (от лат. coherence — сцепленный) — К. г. одинаковой частоты, разность фаз которых постоянна во времени. *К. синфазные* — К. г., частоты которых одинаковы, а фазы совпадают. *К. синхронные* — К. г., частоты которых одинаковы, кратны или находятся в рациональном соотношении. *Фаза* — периодически изменяющийся аргумент $\varphi = \omega t + \theta$ гармонического колебания $x = A \sin \varphi$ или $x = A \cos \varphi$, где θ — начальная фаза. *Фазовый сдвиг* — модуль разности начальных фаз $\theta_{сд} = |\theta_1 - \theta_2|$ двух гармонических колебаний одинаковой частоты.

Режим работы — состояние объекта или порядок его функционирования и соответствующая им совокупность характеристик. *Р. динамический* — Р., при котором воздействие на систему постоянно изменяется. *Р. ключевой* — Р., при котором устройство находится в одном из двух состояний в зависимости от управляющего воздействия. *Р. короткого замыкания* — работа при нагрузке бесконечно малым сопротивлением, при котором выходное напряжение равно нулю. *Р. переходный* — Р., который характеризует переход от одного установившегося Р. к другому. *Р. периодический* — Р., который идентично воссоздается на одинаковых интервалах независимой переменной. *Р. работы под нагрузкой* — Р., при котором устройство отдает в нагрузку полезную энергию. *Р. синхронный* — Р., который совпадает во времени с определенным явлением или величиной. *Р. согласования по мощности* — Р., при котором в нагрузке выделяется наибольшая возможная мощность. *Р. установившийся* — Р., при котором характеристики системы остаются постоянными. *Р. холостого хода* — работа при нагрузке бесконечно большим сопротивлением, при котором выходной ток равен нулю. *Р. ждущий* — Р., при котором система находится в состоянии наибольшей экономии энергии источника питания при готовности к переходу в рабочее состояние в случае поступления управляющего воздействия.

Характеристики изменяющихся во времени величин. *Относительное отклонение переменной величины от линейного закона* (в процентах) оценивают коэффициентом $k_{нл} = (\delta_{нл}/x_{\max})100$, где $\delta_{нл}$ — абсолютное отклонение этой величины от прямой линии, соединяющей мгновенные значения, которые соответствуют началу и концу заданного интервала времени; x_{\max} — максимальное значение величины на этом интервале.

Переменная составляющая величины (центрированная величина) — разность между мгновенным значением величины и ее постоянной составляющей:

$$x_{\sim} = x(t) - \overline{x(t)} = x(t) - \left(1/T\right) \int_0^T x(t) dt.$$

Максимальное (минимальное), или пиковое значение величины — наибольшее (наименьшее) значение $x_{\max} = \max x(t)$ на протяжении определенного интервала времени T .

Мгновенное значение величины — значение $x = x(t)$ в заданный момент времени t .

Постоянная составляющая (среднее значение) величины — среднее арифметическое мгновенных значений

$$x_{\text{ср}} = x_{\sim} = \overline{x(t)} = (1/T) \int_0^T x(t) dt$$

на протяжении заданного интервала времени T .

Размах (полное изменение) величины — разница между максимальным и минимальным значениями $R = x_{\max} - x_{\min}$ на протяжении заданного интервала времени T .

Среднеквадратическое (действующее, или эффективное) значение величины — корень квадратный из среднего значения квадратов мгновенных значений величины на протяжении заданного интервала времени T :

$$x_{\text{ск}} = x_{\text{эф}} = \sqrt{x^2(t)} = \sqrt{(1/T) \int_0^T x^2(t) dt}.$$

Среднеквадратическое отклонение величины — корень квадратный из среднего значения квадратов переменной составляющей на протяжении заданного интервала времени T :

$$x_{\text{ск.о}} = \sqrt{x_{\sim}^2(t)} = \sqrt{[x(t) - \overline{x(t)}]^2}.$$

Средневыпрямленное значение величины — среднееарифметическое модулей мгновенных значений на протяжении заданного интервала времени T :

$$x_{св} = \overline{|x(t)|} = (1/T) \int_0^T |x(t)| dt.$$

Средняя мощность, которая выделяется на сопротивлении 1 Ом, — среднее значение квадратов мгновенных значений на протяжении заданного интервала времени T :

$$P_{ср} = \overline{x^2(t)} = (1/T) \int_0^T x^2(t) dt.$$

Средняя мощность переменной составляющей, которая выделяется на сопротивлении 1 Ом, — среднее значение квадратов переменной составляющей на протяжении заданного интервала времени T :

$$P_{ср\sim} = \overline{x_{\sim}^2(t)} = \overline{[x(t) - x_{св}]^2}.$$

Время задержки t_3 — временной сдвиг одной из переменных величин, при котором достигается ее тождественное равенство с другой величиной с точностью до постоянного множителя и постоянной составляющей:

$$x_2(t) = a_1 x_1(t - t_3) + a_2.$$

Характеристики периодически изменяющихся (периодических) величин. Периодические величины — частный случай колебаний, широко используемый в радиотехнике класс изменяющихся во времени величин.

Гармоника — гармоническая составляющая разложения в ряд Фурье периодической величины с частотой, кратной частоте основной составляющей. *Гармоника пространственная* — см. ст. 28.8.

Переменная составляющая периодической величины — см. характеристики изменяющихся во времени величин.

Коэффициент амплитуды (пик-фактор) — отношение максимального значения периодической величины к ее среднеквадратическому значению:

$$k_{п} = x_{\max}/x_{ср} = x_{\max}/x_{эф}.$$

Коэффициент гармоник (клирфактор) — коэффициент, характеризующий отличие формы периодической величины от гармонической и равный отношению среднеквадратического напряжения суммы всех гармоник, кроме основной, к среднеквадратическому напряжению основной составляющей:

$$k_{г} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} A_i^2}}{A_1}.$$

Коэффициент нелинейных искажений — коэффициент, характеризующий отличие формы периодической величины от гармонической и равный отношению среднеквадратического напряжения суммы всех гармоник, кроме основной, к среднеквадратическому напряжению переменной составляющей:

$$k_{ни} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} A_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} A_i^2}}.$$

Коэффициент формы — отношение среднеквадратического значения периодической величины к ее средневыпрямленному значению: $k_{ф} = x_{эф}/x_{св}$.

Основная составляющая — составляющая первого порядка разложения периодической величины в ряд Фурье.

Период — наименьший интервал времени, по истечении которого мгновенные значения периодической величины повторяются.

Постоянная составляющая величины — см. характеристики изменяющихся во времени величин.

Пульсирующая величина — периодическая величина, постоянная составляющая которой за период не равна нулю: $x = x_{+} + x_{-}(t)$.

Спектр амплитуд периодической величины (амплитудный спектр) — совокупность функций дискретного аргумента, которые являются модулями комплексного спектра периодически изменяющейся величины:

$$|A(n\omega)| = \sqrt{\text{Re}^2[A(n\omega)] + \text{Im}^2[A(n\omega)]}.$$

Спектр комплексный периодической величины — совокупность функций дискретного аргумента, равного целому числу n значений

частоты периодической величины $x(t)$, которые являются коэффициентами комплексного ряда Фурье для этой величины:

$$A(n\omega) = (2/T) \int_{-T/2}^{T/2} x(t)e^{-jn\omega t} dt.$$

Спектр фаз периодической величины — совокупность функций дискретного аргумента, которые являются аргументами комплексного спектра периодической величины:

$$\varphi(n\omega) = \arg[A(n\omega)] = \arctg[\text{Im } A(n\omega) / \text{Re } A(n\omega)].$$

Субгармоника — колебание, частота которого в целое число раз меньше частоты основной составляющей.

Характеристики случайных величин и процессов — см. ст. 1.18, 21.3.

Частота — число повторений процесса за единицу времени; параметр $f = \omega/(2\pi) = 1/T$, обратный периоду переменной величины T , где $\omega = 2\pi f$ — круговая Ч. *Девияция Ч.* — наибольшее отклонение Ч. частотно-модулированного сигнала от НсЧ. *Диапазон рабочих Ч.* — полоса Ч., в границах которой обеспечивается установленное качество работы РТС. *Полоса пропускания устройства (системы)* — полоса Ч., в пределах которой устройство воспроизводит сигналы с искажениями, не превышающими допустимых значений. *Полоса Ч. боковая* — полоса Ч., расположенная ниже или выше НсЧ, которую занимают спектральные составляющие, образующиеся при модуляции несущего колебания. *Полоса Ч. необходимая* — минимальная полоса Ч., обеспечивающая передачу сигнала с заданными скоро-

стью и качеством. *Ч. отрицательная* — математическое понятие, обусловленное способом представления сигнала в виде комплексного числа. *Ч. собственных колебаний* — Ч., с которой в системе происходят колебания после прекращения внешнего воздействия. *Ч. звуковая* — Ч. слышимых звуков, ориентировочно в диапазоне 20...20000 Гц. *Ч. дискретизации* — число отсчетов (выборок) сигнала за единицу времени. *Ч. зеркальная* — см. ст. 17.15. *Ч. комбинационная* — Ч. колебания, возникающего в нелинейной цепи при одновременном воздействии на нее двух или более сигналов. *Ч. несущая (поднесущая)* — Ч. несущего (поднесущего) гармонического колебания, модулируемого сообщением. *Ч. промежуточная* — см. ст. 17.15. *Ч. пространственная* характеризует скорость изменения фаз гармонического пространственного сигнала при изменении соответствующей координаты. *Ч. резонансная* — Ч. вынужденных колебаний, при которой возникает резонанс в колебательных цепях.

1.3. ДИАПАЗОН РАДИОЧАСТОТ (радиоволн) — сплошной частотный интервал, в пределах которого колебания имеют сходные свойства. В соответствии с регламентом радиосвязи [2] радиоспектр от 3 кГц до 3000 ГГц разделен на девять Д. р., каждому из которых присвоено условное наименование, соответствующее длине радиоволн (например, сантиметровые волны). При этом границы i -го Д. р. определяют таким образом: $f_{i\min} = 0.3 \cdot 10^i$ кГц, $f_{i\max} = 3 \cdot 10^i$ кГц, $i = 1, 2, \dots, 9$. В **Табл. 1.1** приведены диапазоны радиочастот (радиоволн) и их наименования. Отметим, что четких физических границ между Д. р. не существует, они в значительной мере условны.

Таблица 1.1

Номер диапазона	Диапазон радиочастот	Наименование радиочастот	Диапазон радиоволн	Наименование радиоволн
4	3...30 кГц	Очень низкие (ОНЧ)	100...10 км	Мириаметровые
5	30...300 кГц	Низкие (НЧ)	10...1 км	Километровые
6	300...3000 кГц	Средние (СЧ)	1000...100 м	Гектометровые
7	3...30 МГц	Высокие (ВЧ)	100...10 м	Декаметровые
8	30...300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)	10...1 м	Метровые
9	300...3000 МГц	Ультравысокие (УВЧ)	100...10 см	Дециметровые
10	3...30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)	10...1 см	Сантиметровые
11	30...300 ГГц	Крайне высокие (КВЧ)	10...1 мм	Миллиметровые
12	300...3000 ГГц	Гипервысокие (ГВЧ)	1...0.1 мм	Децимиллиметровые