

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 представляет 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. в. 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. в. 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. в., 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 . в. находится в нулевом состоянии. I . в. $x(t)$ 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 . в.:

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

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 (остается 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 — среднее арифметическое модулей мгновенных значений на протяжении заданного интервала времени T :

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

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

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

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

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

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:

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

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:

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

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:

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

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

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: $x = x_{\sim} + x_{\sim}(t)$.

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 |