
ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Часть третья. ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ И МАГНИТОВ К ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРАМ, ТРАНЗИСТОРАМ И КАНАЛАМ СВЯЗИ | 19 |
| 40. Введение в электрические цепи..... | 20 |
| Символьные обозначения электрических компонентов | 20 |
| Блок-схемы электрических/электронных систем | 20 |
| Электрический ток и количество электричества | 22 |
| Электрический потенциал и ЭДС | 23 |
| Сопротивление и проводимость..... | 24 |
| Основные электроизмерительные приборы | 25 |
| Линейные и нелинейные компоненты электрических схем | 25 |
| Закон Ома | 26 |
| Множители и делители | 27 |
| Проводники и изоляторы | 27 |
| Электрическая мощность | 28 |
| Электроэнергия..... | 28 |
| Основные эффекты электрического тока | 29 |
| Предохранители | 29 |
| 41. Электрическое сопротивление материалов | 31 |
| Сопротивление и удельное сопротивление..... | 31 |
| Температурный коэффициент сопротивления | 32 |
| Цветовое кодирование резисторов и их омические значения | 34 |
| Цветовой код для постоянных резисторов | 34 |
| Буквенный и цифровой код для резисторов | 35 |
| 42. Химические эффекты электричества | 36 |
| Электролиз | 36 |
| Электролитическое осаждение | 36 |
| Гальванический элемент | 37 |
| Поляризация..... | 38 |
| Саморазряд | 38 |
| Свойства электродных пар..... | 38 |
| Коррозия..... | 39 |
| ЭДС и внутреннее сопротивление гальванического элемента. | 39 |
| Первичные элементы | 41 |
| Элемент Лекланше | 42 |
| Ртутный элемент..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| Вторичные элементы..... | 42 |
| Кислотный аккумулятор | 43 |
| Щелочной аккумулятор | 44 |
| Ёмкость гальванического элемента | 45 |
| 43. Последовательные и параллельные цепи | 47 |
| Последовательные цепи | 47 |
| Делитель напряжения | 48 |
| Параллельные цепи | 49 |
| Распределение тока | 50 |
| Лампы накаливания в последовательном и параллельном включении | 52 |
| Последовательное соединение..... | 52 |
| Параллельное соединение..... | 53 |
| 44. Ёмкость и конденсаторы | 54 |
| Электростатическое поле | 54 |
| Напряжённость электрического поля | 55 |
| Ёмкость | 56 |
| Конденсаторы..... | 57 |
| Плотность электрического потока | 57 |
| Диэлектрическая проницаемость | 58 |
| Плоский конденсатор | 59 |
| Последовательно и параллельно соединённые конденсаторы | 60 |
| Конденсаторы, соединённые параллельно | 60 |
| Конденсаторы, соединённые последовательно | 62 |
| Электрическая прочность | 64 |
| Энергия заряженного конденсатора..... | 65 |
| Конструкции конденсаторов | 65 |
| Разрядка конденсаторов..... | 68 |
| 45. Магнитные цепи | 69 |
| Магнитные поля | 69 |
| Магнитный поток и плотность потока | 70 |
| Магнитодвижущая сила и напряжённость магнитного поля ... | 71 |
| Магнитная проницаемость и кривые намагничивания..... | 72 |
| Магнитное сопротивление..... | 74 |
| Комбинированные последовательные магнитные цепи | 74 |
| Аналогия между электрическими и магнитными величинами..... | 75 |
| Гистерезис и потери на гистерезис | 75 |
| Гистерезисная петля | 75 |
| Потери на гистерезис | 76 |
| Потери на вихревые токи | 79 |
| Графический метод определения потерь на гистерезис и вихревые токи | 81 |

| | |
|--|-----|
| 46. Магнитные материалы..... | 83 |
| Магнитные свойства материалов | 83 |
| Диамагнетизм и парамагнетизм..... | 83 |
| Ферромагнетизм и ферромагнитные материалы | 84 |
| Непостоянные магнитные материалы..... | 86 |
| Сплав кремний—железо..... | 86 |
| Железоникелевый сплав | 88 |
| Порошковый сердечник..... | 88 |
| Ферриты..... | 89 |
| Постоянные магнитные материалы | 89 |
| 47. Электромагнетизм | 91 |
| Магнитное поле электрического тока | 91 |
| Электромагниты | 93 |
| Электрический звонок | 94 |
| Реле | 94 |
| Подъёмные магниты | 95 |
| Телефонный аппарат | 96 |
| Проводник с током в магнитном поле | 96 |
| Сила, действующая на проводник | 96 |
| Громкоговоритель..... | 97 |
| Правило левой руки | 98 |
| Принцип работы простейшего электродвигателя постоянного тока..... | 99 |
| Принцип работы магнитоэлектрических измерительных приборов..... | 100 |
| Сила, действующая на заряд | 101 |
| 48. Электромагнитная индукция и индуктивность..... | 103 |
| Электромагнитная индукция | 103 |
| Законы электромагнитной индукции | 104 |
| Индуктивность | 106 |
| Катушки индуктивности | 107 |
| Энергия, запасённая катушкой индуктивности | 108 |
| Индуктивность катушки | 109 |
| 49. Магнитосвязанные контуры | 110 |
| Взаимная индуктивность | 110 |
| Коэффициент связи | 111 |
| Катушки индуктивности, соединённые последовательно | 112 |
| Связанные контуры..... | 113 |
| Вторичная обмотка без нагрузки | 114 |
| Вторичная обмотка с нагрузкой..... | 115 |
| Резонанс с подстроенным конденсатором | 117 |
| Правило точки для связанных контуров | 118 |

| | |
|--|-----|
| 50. Электрические измерительные приборы и измерения | 121 |
| Аналоговые измерительные приборы | 121 |
| Электромагнитные измерительные приборы..... | 122 |
| Выпрямительные детекторные приборы..... | 123 |
| Магнитоэлектрические измерительные приборы..... | 123 |
| Сравнение измерительных приборов | 124 |
| Шунтирующие и балластные резисторы..... | 125 |
| Электронные измерительные приборы..... | 126 |
| Омметр | 127 |
| Универсальные измерительные приборы..... | 128 |
| Ваттметры | 128 |
| Эффект «нагрузки» | 129 |
| Электронно-лучевой осциллограф | 129 |
| Децибелы (отношения логарифмов) | 132 |
| Нулевой метод измерений | 134 |
| Мост сопротивлений Уитстона..... | 135 |
| Потенциометр постоянного тока | 135 |
| Куметр (измеритель добротности)..... | 136 |
| Ошибки измерений | 137 |
| Ошибки в пределах применимости прибора | 137 |
| Ошибки оператора..... | 137 |
| Ошибки из-за вносящего помехи измерительного прибора | 138 |
| 51. Полупроводниковые диоды..... | 139 |
| Проводники, полупроводники, изоляторы..... | 139 |
| Кремний и германий | 140 |
| Материалы <i>n</i> - и <i>p</i> -типа | 140 |
| <i>p-n</i> -переход | 141 |
| Прямое и обратное смещение..... | 143 |
| Полупроводниковые диоды | 145 |
| Выпрямитель переменного тока | 146 |
| 52. Транзисторы..... | 148 |
| Биполярный транзистор | 148 |
| Принцип работы транзистора..... | 150 |
| Обозначения транзисторов в схемах | 152 |
| Схемы включения транзисторов..... | 152 |
| Рабочие характеристики транзисторов | 153 |
| Схема с общей базой..... | 153 |
| Схема с общим эмиттером | 154 |
| Методика получения характеристик транзистора | 155 |
| Транзистор как усилитель | 156 |
| Усилитель с общей базой..... | 156 |

| | |
|--|------------|
| Усилитель с общим эмиттером..... | 157 |
| Линия нагрузки | 160 |
| Коэффициенты усиления по току и напряжению | 163 |
| Тепловой проб'ой и способы его предотвращения | 164 |
| Способ первый | 165 |
| Способ второй | 166 |
| 53. Теория цепей постоянного тока..... | 167 |
| Введение | 167 |
| Законы Кирхгофа | 167 |
| Принцип суперпозиции..... | 170 |
| Предварительный анализ цепей постоянного тока | 172 |
| Теорема Тевенина—Гельмгольца..... | 176 |
| Генератор неизменяющегося постоянного тока | 178 |
| Теорема Нортонна | 179 |
| Эквивалентные схемы Тевенина и Нортонна | 180 |
| Теорема о максимуме отдаваемой мощности..... | 182 |
| 54. Переменный ток и напряжение переменного тока..... | 184 |
| Введение | 184 |
| Генератор переменного тока | 184 |
| Форма сигналов переменного тока | 185 |
| Величины переменного тока | 186 |
| Уравнение гармонической волны..... | 189 |
| Сложение и вычитание синусоидальных величин..... | 191 |
| Выпрямление переменного тока | 193 |
| 55. Однофазные последовательные цепи переменного тока | 194 |
| Цепь переменного тока с чисто активным сопротивлением | 194 |
| Цепь переменного тока с чисто индуктивным сопротивлением | 194 |
| Цепь переменного тока с чисто ёмкостным сопротивлением | 195 |
| Последовательные $R-L$ цепи переменного тока | 196 |
| Последовательные $R-C$ цепи переменного тока | 198 |
| Последовательные $R-L-C$ цепи переменного тока..... | 200 |
| Последовательно соединённые импедансы | 201 |
| Резонанс последовательного контура..... | 202 |
| Добротность..... | 204 |
| Полоса частот | 205 |
| Избирательность резонансного контура | 206 |
| Мощность цепей переменного тока | 206 |
| Треугольник мощностей и коэффициент мощности..... | 208 |
| 56. Однофазные параллельные цепи переменного тока | 210 |
| Введение | 210 |

| | |
|---|------------|
| <i>R-L</i> параллельная цепь переменного тока | 210 |
| <i>R-C</i> параллельная цепь переменного тока..... | 212 |
| <i>L-C</i> параллельная цепь | 213 |
| <i>L-R-C</i> параллельная цепь переменного тока..... | 214 |
| Параллельный резонанс и добротность | 218 |
| Параллельный резонанс | 218 |
| Резонансная частота | 218 |
| Резонансное сопротивление | 219 |
| Заграждающий фильтр | 219 |
| Добротность..... | 219 |
| 57. Переходные процессы в цепях постоянного тока..... | 221 |
| Введение | 221 |
| Зарядка конденсатора | 221 |
| Постоянная времени для <i>R-C</i> цепи..... | 223 |
| Кривые переходного процесса <i>R-C</i> цепи..... | 223 |
| Разрядка конденсатора..... | 226 |
| Рост силы тока в <i>L-R</i> цепи | 228 |
| Постоянная времени <i>L-R</i> цепи..... | 230 |
| Кривые переходного процесса <i>L-R</i> цепи..... | 230 |
| Спад тока в <i>L-R</i> цепи..... | 231 |
| Переключаемые индуктивные цепи | 233 |
| Влияние постоянной времени на сигнал прямоугольной формы | 234 |
| Интегрирующая цепь | 234 |
| Дифференцирующая цепь..... | 235 |
| 58. Операционные усилители..... | 236 |
| Введение | 236 |
| Передаточная характеристика | 237 |
| Отрицательная обратная связь..... | 238 |
| Ширина полосы частот | 238 |
| Некоторые параметры ОУ | 239 |
| Входной ток | 239 |
| Разность входных токов | 239 |
| Входное напряжение смещения..... | 239 |
| Коэффициент ослабления синфазного сигнала | 239 |
| Скорость нарастания выходного напряжения | 240 |
| ОУ в качестве инвертирующего усилителя..... | 240 |
| Коэффициент усиления | 241 |
| Входной импеданс | 242 |
| ОУ в качестве неинвертирующего усилителя..... | 243 |
| Коэффициент усиления | 243 |
| Входной импеданс | 244 |
| ОУ в качестве повторителя напряжения | 244 |

| | |
|--|------------|
| ОУ в качестве сумматора | 245 |
| ОУ в качестве компаратора напряжений..... | 247 |
| Светочувствительная схема сигнализации..... | 248 |
| ОУ в качестве интегратора | 249 |
| ОУ в качестве дифференциального усилителя..... | 251 |
| Цифро-аналоговое преобразование | 252 |
| Аналогово-цифровое преобразование | 255 |
| 59. Трёхфазные системы..... | 257 |
| Введение | 257 |
| Трёхфазные источники тока | 257 |
| Соединение звездой | 259 |
| Соединение треугольником | 261 |
| Соединение звездой | 264 |
| Соединение треугольником | 264 |
| Мощность в трёхфазных системах..... | 263 |
| Измерение мощности в трёхфазных системах | 265 |
| Метод с одним ваттметром для симметричной нагрузки | 265 |
| Метод с двумя ваттметрами для симметричных и несимметричных нагрузок | 265 |
| Метод с тремя ваттметрами для трёхфазной четырёхпроводной системы для симметричной и несимметричной нагрузки | 266 |
| Сравнение соединений нагрузок звездой и треугольником... | 267 |
| Преимущества трёхфазных систем..... | 267 |
| 60. Трансформаторы..... | 268 |
| Введение | 268 |
| Принцип работы трансформатора..... | 268 |
| Векторная диаграмма ненагруженного трансформатора | 270 |
| Уравнение ЭДС трансформатора..... | 271 |
| Векторная диаграмма трансформатора под нагрузкой..... | 272 |
| Конструкции трансформаторов | 273 |
| Эквивалентная схема трансформатора | 274 |
| Изменение выходного напряжения трансформатора..... | 276 |
| Потери и коэффициент полезного действия трансформаторов..... | 277 |
| Потери мощности в трансформаторах | 277 |
| Коэффициент полезного действия трансформатора | 278 |
| Максимальный коэффициент полезного действия | 279 |
| Согласование сопротивлений источника питания и нагрузки | 279 |
| Автотрансформаторы | 280 |
| Экономия меди при изготовлении автотрансформаторов..... | 282 |
| Преимущества автотрансформаторов | 282 |

| | |
|---|------------|
| Недостатки автотрансформаторов..... | 282 |
| Применение автотрансформаторов..... | 283 |
| Изолирующие трансформаторы | 283 |
| Трёхфазные трансформаторы | 283 |
| Токовые трансформаторы | 284 |
| Трансформаторы напряжения | 286 |
| 61. Машины постоянного тока | 287 |
| Введение | 287 |
| Механическое действие электрического тока..... | 287 |
| Устройство машины постоянного тока | 289 |
| Параллельные, последовательные и смешанные обмотки.... | 290 |
| ЭДС, генерируемая обмотками якоря | 291 |
| Генераторы постоянного тока | 292 |
| Типы генераторов постоянного тока и их характеристики.... | 292 |
| Генератор с независимым возбуждением | 292 |
| Генератор параллельного возбуждения..... | 293 |
| Генератор последовательного возбуждения..... | 295 |
| Генератор смешанного возбуждения | 296 |
| Потери мощности в машинах постоянного тока | 298 |
| Коэффициент полезного действия генератора | |
| постоянного тока..... | 298 |
| Электродвигатель постоянного тока | 300 |
| Противо-ЭДС и полная электрическая мощность | 300 |
| Вращающий момент электродвигателя | 301 |
| Типы электродвигателей и их характеристики..... | 302 |
| Электродвигатель параллельного возбуждения | 302 |
| Электродвигатель последовательного возбуждения | 304 |
| Электродвигатель смешанного возбуждения | 306 |
| Коэффициент полезного действия | |
| электродвигателей постоянного тока | 308 |
| Стартёр электродвигателя постоянного тока | 309 |
| Управление скоростью электродвигателя | |
| постоянного тока..... | 310 |
| Электродвигатель с параллельным возбуждением..... | 310 |
| Электродвигатель с последовательным возбуждением.... | 311 |
| Охлаждение электродвигателя..... | 312 |
| 62. Электродвигатели переменного тока..... | 313 |
| Введение | 313 |
| Создание вращающегося магнитного поля..... | 313 |
| Скорость синхронизации | 316 |
| Устройство трёхфазного асинхронного двигателя | 318 |
| Принцип работы трёхфазного асимметричного двигателя | 319 |

| | |
|---|------------|
| Скольжение | 320 |
| ЭДС и частота вращения ротора..... | 321 |
| ЭДС ротора | 321 |
| Частота ротора | 321 |
| Импеданс и ток ротора..... | 322 |
| Активное сопротивление ротора | 322 |
| Реактивное сопротивление ротора | 322 |
| Импеданс ротора | 322 |
| Ток ротора | 323 |
| Потери на медь | 323 |
| Потери асинхронного двигателя и коэффициент полезного действия..... | 324 |
| Уравнение вращающего момента для асинхронного двигателя..... | 326 |
| Характеристики «вращающий момент/скорость» | 327 |
| Методы запуска асинхронных двигателей | 329 |
| Короткозамкнутый ротор | 329 |
| Фазный ротор | 331 |
| Достоинства асинхронных двигателей | |
| с короткозамкнутым ротором | 331 |
| Достоинства асинхронных двигателей с фазным ротором..... | 332 |
| Двухклеточный асинхронный двигатель..... | 332 |
| Применение трехфазных асинхронных двигателей..... | 333 |
| Однофазный асинхронный двигатель | 333 |
| Трёхфазный синхронный двигатель | 333 |
| Однофазные синхронные двигатели | 334 |
| 63. Комплексные числа и операции над ними | 335 |
| Понятие комплексных чисел | 335 |
| Операции с использованием декартовых комплексных чисел | 337 |
| Сложение и вычитание | 337 |
| Умножение..... | 337 |
| Сопряжённые комплексные числа | 338 |
| Деление | 338 |
| Комплексные уравнения | 339 |
| Комплексное число в тригонометрической форме | 339 |
| Умножение и деление комплексных чисел | |
| в тригонометрической форме | 341 |
| Умножение..... | 341 |
| Деление | 341 |
| Возведение в степень комплексных чисел и извлечение | |
| корней из них (теорема Муавра)..... | 342 |

| | |
|---|-----|
| 64. Анализ последовательных цепей переменного тока с применением комплексных чисел | 344 |
| Введение | 344 |
| Цепь переменного тока с чисто активным сопротивлением..... | 344 |
| Чисто индуктивная цепь переменного тока | 345 |
| Чисто ёмкостная цепь переменного тока | 345 |
| $R-L$ последовательная цепь | 346 |
| $R-C$ последовательная цепь | 348 |
| $R-L-C$ последовательная цепь | 350 |
| 65. Анализ параллельных цепей переменного тока с применением комплексных чисел | 353 |
| Введение | 353 |
| Проводимость активная, реактивная и полная..... | 353 |
| Параллельные цепи переменного тока..... | 354 |
| Распределение тока в цепях переменного тока..... | 356 |
| 66. Мощность и коэффициент мощности в цепях переменного тока | 360 |
| Мощность в цепях переменного тока | 360 |
| Треугольник мощностей и коэффициент мощности | 362 |
| Определение мощности с применением комплексных чисел..... | 364 |
| Увеличение коэффициента мощности | 365 |
| 67. Мосты переменного тока | 369 |
| Введение | 369 |
| Состояние равновесия в измерительных мостах переменного тока | 369 |
| Процедура определения уравнений равновесия для любого моста переменного тока | 371 |
| Типы индикаторов..... | 371 |
| Разновидности мостовых схем переменного тока | 372 |
| Простой мост Максвелла | 372 |
| Мост Хэя | 374 |
| Мост Оуэна | 375 |
| Мост Максвелла—Вина..... | 375 |
| Мост Саути..... | 376 |
| Мост Шеринга | 376 |
| Мост Вина..... | 377 |
| 68. Последовательный резонанс и добротность | 379 |
| Введение | 379 |
| Последовательный резонанс | 379 |
| Добротность..... | 382 |
| Повышение напряжения | 386 |
| Добротность компонентов последовательной цепи и полная добротность | 388 |

| | |
|--|------------|
| Ширина полосы частот | 388 |
| Избирательность | 390 |
| Небольшие отклонения от резонансной частоты | 392 |
| 69. Параллельный резонанс и добротность | 395 |
| Общие понятия о параллельном резонансе | 395 |
| Параллельная $L-R-C$ цепь | 397 |
| Динамическое сопротивление | 399 |
| Добротность параллельной $R-L-C$ цепи | 399 |
| Частота свободных колебаний и резонансная частота вынужденных колебаний | 401 |
| Параллельная $LR-CR$ цепь | 402 |
| Добротность компонентов параллельной цепи и полная добротность..... | 404 |
| Небольшие отклонения от резонансной частоты | 404 |
| 70. Анализ цепей с помощью определителей..... | 406 |
| Введение | 406 |
| Решение систем уравнений с помощью определителей..... | 407 |
| Система уравнений с двумя неизвестными..... | 407 |
| Система уравнений с тремя неизвестными | 408 |
| Применение законов Кирхгофа к теории цепей..... | 410 |
| 71. Анализ цепей методами контурных токов и узловых потенциалов..... | 415 |
| Метод контурных токов | 415 |
| Метод узловых потенциалов | 417 |
| 72. Принцип суперпозиции | 422 |
| Введение | 422 |
| Применение принципа суперпозиции для цепи постоянного тока..... | 422 |
| Применение принципа суперпозиции для цепи переменного тока | 425 |
| 73. Теорема Тевенина и теорема Нортонна | 429 |
| Введение | 429 |
| Теорема Тевенина | 429 |
| Теорема Нортонна | 434 |
| Эквивалентность цепей Тевенина и Нортонна | 438 |
| 74. Преобразования «треугольник—звезда» и «звезда—треугольник» | 442 |
| Введение | 442 |
| Соединения «треугольник» и «звезда»..... | 442 |
| Преобразование «треугольник—звезда»..... | 443 |
| Преобразование «звезда—треугольник»..... | 446 |
| 75. Теоремы о максимуме отдаваемой мощности и согласование импедансов | 449 |
| Теоремы о максимуме отдаваемой мощности | 449 |

| | |
|---|------------|
| Согласование импедансов | 452 |
| 76. Периодические сигналы сложной формы | 456 |
| Введение | 456 |
| Основное уравнение периодических сигналов сложной формы | 457 |
| Гармонический синтез..... | 458 |
| Действующее и среднее значения величин и коэффициент формы сложного сигнала | 460 |
| Действующее значение величин | 460 |
| Среднее значение | 460 |
| Коэффициент формы | 461 |
| Мощность периодического сложного сигнала | 461 |
| Коэффициент мощности | 462 |
| Гармоники в однофазной цепи | 463 |
| «Чистое» сопротивление | 464 |
| «Чистая» индуктивность..... | 464 |
| «Чистая» ёмкость | 465 |
| Селективный резонанс..... | 468 |
| Источники гармоник | 470 |
| 77. Численные методы гармонического анализа | 477 |
| Введение | 477 |
| Гармонический анализ на основе данных, представленных в виде таблицы или графика | 477 |
| Оценка сложных сигналов | 483 |
| 78. Диэлектрики и диэлектрические потери | 484 |
| Электрические поля, ёмкость и диэлектрическая проницаемость | 484 |
| Поляризация..... | 485 |
| Электрическая прочность диэлектрика..... | 486 |
| Тепловые эффекты | 489 |
| Механические свойства | 489 |
| Типы конденсаторов, применяемых на практике | 489 |
| Жидкие диэлектрики и газовая изоляция | 490 |
| Диэлектрические потери и угол потерь..... | 490 |
| Последовательное соединение..... | 490 |
| Параллельное соединение..... | 492 |
| Потери мощности..... | 493 |
| 79. Эффекты электрического поля в электротехнических устройствах | 495 |
| Введение | 495 |
| Ёмкость между концентрическими цилиндрами..... | 496 |
| Напряжённость электрического поля в диэлектрике | 498 |
| Размеры самого экономичного кабеля | 499 |

| | |
|---|------------|
| Ёмкость изолированной двухпроводной линии | 500 |
| Энергия, накопленная в электрическом поле..... | 500 |
| Скин-эффект | 501 |
| Индуктивность концентрического цилиндра (или коаксиального кабеля)..... | 502 |
| Индуктивность изолированной двухпроводной линии | 502 |
| Энергия, накопленная в магнитном поле | 503 |
| 80. Аттенюаторы..... | 504 |
| Введение | 504 |
| Четырёхполюсники..... | 504 |
| Характеристический импеданс..... | 505 |
| Логарифм отношения двух мощностей | 505 |
| Симметричный <i>T</i> -образный аттенюатор | 507 |
| Расчёт симметричного <i>T</i> -образного аттенюатора..... | 507 |
| Симметричный π -образный аттенюатор..... | 508 |
| Расчёт симметричного π -образного аттенюатора | 509 |
| Вносимые потери | 510 |
| Асимметричные <i>T</i> - и π -образные аттенюаторы | 512 |
| G -образный аттенюатор..... | 516 |
| Каскадное соединение четырёхполюсников | 516 |
| 81. Фильтры | 519 |
| Введение | 519 |
| Фильтры нижних частот..... | 519 |
| Фильтры верхних частот | 521 |
| Полосовые фильтры | 523 |
| Заграждающие фильтры..... | 524 |
| 82. Модуляция..... | 526 |
| Введение | 526 |
| Амплитудная модуляция | 526 |
| Частотная модуляция | 527 |
| Девиация частоты, диапазон изменения частоты и модулирующий индекс | 528 |
| Фазовая модуляция | 529 |
| Импульсная модуляция | 529 |
| Импульсно-кодовая модуляция | 530 |
| 83. Двупроводные линии связи (длинные линии)..... | 532 |
| Введение | 532 |
| Первичные параметры линий связи..... | 532 |
| Задержка по фазе, длина волны и скорость распространения | 534 |
| Задержка по фазе | 535 |
| Длина волны | 535 |
| Скорость распространения | 536 |

| | |
|---|------------|
| Вторичные параметры линий связи | 537 |
| Связь характеристического импеданса и коэффициента распространения волны с первичными параметрами линии | 538 |
| Искажения в линиях связи | 540 |
| Отражение волны и коэффициент отражения | 541 |
| Энергия, связанная с распространяющейся волной..... | 541 |
| Коэффициент отражения..... | 542 |
| Стоячие волны и коэффициент стоячей волны | 543 |
| Коэффициент стоячей волны | 548 |
| ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ | 550 |

Ч а с т ь т р е т ь я

От электрических
зарядов и магнитов
к электро-
генераторам,
транзисторам
и каналам связи

40. ВВЕДЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Символьные обозначения электрических компонентов

Разветвлённые электрические цепи часто называют *электрическими схемами*. Для их отображения на бумаге или на экране дисплея используют чертежи, на которых с помощью условных знаков (символов) и линий обозначены отдельные компоненты и проводники, соединяющие их.

На Рис. 40.1 представлены наиболее распространённые символы компонентов, образующих электрические цепи.



Рис. 40.1

О других компонентах электрических схем (конденсаторах, транзисторах и т.п.) и их назначении речь пойдёт в последующих главах.

Блок-схемы электрических/электронных систем

Электрическая/электронная блок-схема — это группа компонентов, соединение которых выполняет предписанную функцию. На Рис. 40.2 показана простейшая система оповещения по трансляционной сети, где микрофон используется как прибор, принимающий акустическую энергию в форме волн звукового

давления и преобразующий её в электрическую энергию в форме небольших напряжений и токов, называемых *электрическими сигналами*.



Рис. 40.2

Затем сигнал, поступивший от микрофона, усиливается с помощью электронного устройства, содержащего транзисторы и интегральные схемы, после чего поступает на громкоговоритель.

Подсистема — это часть системы, выполняющая определённую функцию в системе. Усилитель, показанный на Рис. 40.2, — пример такой подсистемы.

Компонент, или *элемент*, — это, как правило, наименьшая часть системы, у которой есть определённая и чётко обозначенная функция. На Рис. 40.2, например, таким элементом является микрофон.

В целом Рис. 40.1 отображает то, что называют *блок-схемой*.

Работу электрических/электронных систем, которые часто бывают очень сложными, легче понять, если их представить в виде такой блок-схемы. Для того чтобы понять, как работает вся система, совсем не обязательно досконально знать, что происходит в каждой подсистеме.

Другой пример технической системы представлен на Рис. 40.3, где показана система контроля температуры, включающая источник тепла (например, газовый нагреватель), блок управления подачей топлива (например, электромагнитный клапан), термореле и источник электроэнергии.

Эта система может быть представлена в виде блок-схемы (Рис. 40.4); термореле сравнивает температуру в помещении с заданной желаемой температурой и регулирует выключение/включение переключателя.

Существует много типов технических систем. *Система связи* — один из примеров, где локальная сеть могла бы включать в себя сервер, коаксиальный кабель, сеть адаптеров, несколько компьютеров и лазерный принтер. *Электромеханическая система* — ещё один пример, где электрическая система автомобиля могла бы содержать батарею, двигатель, стартер, катушку зажигания, прерыватель контакта и распределительный элемент. Все подобные системы могут быть представлены блок-схемами.

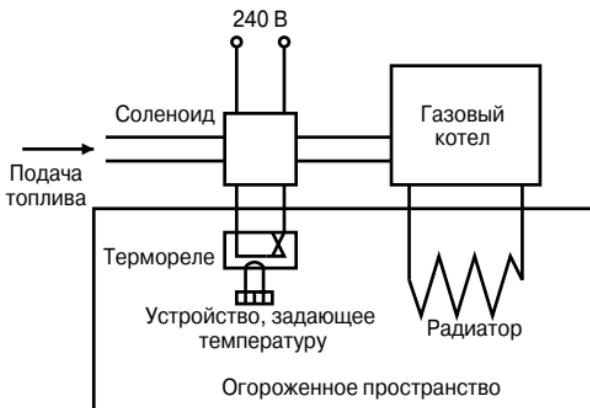


Рис. 40.3



Рис. 40.4

Электрический ток и количество электричества

Все атомы состоят из протонов, нейтронов и электронов. Протоны, положительно заряженные частицы, и нейтроны, частицы, не имеющие заряда, входят в состав атомного ядра. Вне ядра находятся микроскопические отрицательно заряженные частицы, называемые электронами. Атомы различных материалов отличаются друг от друга тем, что обладают разным числом протонов, нейтронов и электронов. В атоме существует равное число протонов и электронов, и они, как говорится, находятся в электрическом равновесии, так как заряды положительных и отрицательных частиц уравновешивают друг друга.

Если в атоме больше двух электронов, они образуют электронные оболочки, находящиеся на некоторых определенных расстояниях от атомных ядер.

Все атомы притягиваются друг к другу благодаря мощной силе притяжения, существующей между ядрами и электронами. Однако электроны на внешней оболочке атома притягиваются ядром меньше, чем электроны, находящиеся на более близких к нему оболочках.

Атом может потерять электрон, и тогда он превращается в положительно заряженный ион, который уже не находится в электрическом равновесии, а следовательно, может притягивать к себе электрон другого атома. Электроны, движущиеся от од-

ногого атома к другому, называются *свободными электронами*. Такое хаотичное движение может существовать само по себе. Однако если к материалу приложить *электрическое напряжение*, то электроны, как правило, начинают двигаться в определённом направлении. Такое движение свободных электронов, называемое *дрейфом*, создаёт электрический поток, или ток. Следовательно, *ток — это разновидность движения заряженных частиц*.

Проводники — это твёрдые тела, содержащие электроны, слабо связанные с ядром, и поэтому имеющие возможность легко перемещаться по материалу от одного атома к другому. *Изоляторы* — это материалы, электроны которых имеют сильные связи со своими атомами.

Единицу *электрического заряда* Q называют *кулоном* [Кл] (1 кулон равен заряду 6.24×10^{18} электронов).

Если в проводнике дрейф электронов происходит со скоростью 1 кулон в секунду, то говорят, что протекающий в результате ток равен одному *амперу* [А].

Следовательно, 1 ампер = 1 кулон в секунду, или $1\text{ A} = 1\text{ Кл/с}$.

Соответственно 1 кулон = 1 ампер-секунда, или $1\text{ Кл} = 1\text{ А·с}$.

Обобщая, можно сказать, что, если I — ток, измеряемый в амперах, а t — время в секундах, в течение которого течёт ток, то $I \times t$ характеризует количество *электрического заряда* в кулонах, то есть количество перемещённого электрического заряда

$$Q = Q \times t$$

Например, если ток силой 10 ампер течёт в течение четырёх минут, количество перемещённого электричества

$$Q = It = 10 \times 240 = 2\,400 \text{ Кл.}$$

Электрический потенциал и ЭДС

Единица *электрического потенциала* — *вольт* [В]. Один вольт — это один джоуль на кулон [Дж/Кл]. Один вольт определяют как разность потенциалов между двумя точками проводника, который, при токе в один ампер, рассеивает мощность в один ватт, то есть

$$\begin{aligned} \text{вольт} &= \frac{\text{вatt}}{\text{ампер}} = \frac{\text{джоуль}/\text{секунда}}{\text{ампер}} = \\ &= \frac{\text{джоуль}}{\text{ампер-секунда}} = \frac{\text{джоуль}}{\text{кулон}}. \end{aligned}$$

Изменение *электрического потенциала* между двумя точками электрической цепи называют *разностью потенциалов*.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно
в интернет-магазине «Электронный универс»
(e-Univers.ru)