

Содержание

Предисловие к изданию на русском языке	21
Предисловие	23
Величины. Единицы. Наименования в СИ	24
Часть I. Электричество и его переменные	
Глава 1	
Что такое электричество?	28
1.1. Частицы. Электрические заряды и носители зарядов	28
1.1.1. Частицы и электрические заряды	28
1.1.2. Электростатические силы. Закон Кулона	29
1.1.3. Электрическое поле	30
1.2. Явление проводимости. Электрический ток	30
1.2.1. Электрический ток	30
1.2.2. Свободные и связанные заряды	31
1.2.3. Электрические среды	32
1.2.4. Влияние температуры	34
1.2.5. Частотные свойства. Поверхностный эффект в проводнике	34
1.3. Электрический потенциал заряда	35
1.3.1. Цель	35
1.3.2. Работа при переносе заряда Q на расстояние r от заряда q	36
1.3.3. Электрический потенциал	36
1.3.4. Разность электрических потенциалов. Электрическое напряжение	37
Глава 2	
Основные законы электричества	38
2.1. Двухполюсники	38
2.1.1. Определение. Условности	38
2.1.2. Линейный двухполюсник. Линейная цепь	38
2.1.3. Элементарные двухполюсники	39
2.1.4. Принципиальные ограничения использования двухполюсника	41
2.1.5. Характеристика двухполюсника	42
2.1.6. Рабочая точка двухполюсника	42
2.1.7. Соединение двухполюсников	43
2.2. Теоремы об электрических цепях	45



2.2.1.	Законы Кирхгофа	45	
2.2.2.	Пассивирование (компенсация) источника	46	
2.2.3.	Теорема суперпозиции	46	
2.2.4.	Теоремы Тевенена и Нортона.....	48	
2.2.5.	Теорема Миллмана	51	
2.2.6.	Делитель напряжения. Делитель тока	51	
2.2.7.	Теорема Кеннели. Преобразования треугольник-звезда и звезда-треугольник (эквивалентность схем звезда и треугольник)	52	
2.2.8.	Принцип линейности	53	
Глава 3			
Электростатика.....			54
3.1.	Электрическое поле и электрическая индукция.....	54	
3.1.1.	Напряженность	54	
3.1.2.	Поток через поверхность S	55	
3.1.3.	Теорема Гаусса	56	
3.2.	Электрический потенциал	57	
3.2.1.	Определение	57	
3.2.2.	Расчет электрического поля с использованием потенциала V	58	
3.3.	Принцип действия конденсатора	59	
3.3.1.	Устройство и принцип действия	59	
3.3.2.	Диэлектрическая прочность.....	60	
3.3.3.	Емкость и накопленный заряд конденсатора	60	
3.3.4.	Электрическая энергия, запасенная конденсатором.....	61	
Глава 4			
Электромагнетизм. Ферромагнетизм.....			63
4.1.	Магнитное поле	63	
4.1.1.	Физическая природа.....	63	
4.1.2.	Источники магнитного поля	63	
4.1.3.	Расчет вектора напряженности \vec{H} . Теорема Ампера	64	
4.2.	Магнитная индукция	68	
4.3.	Немагнитные среды.....	68	
4.4.	Ферромагнитные среды	69	
4.4.1.	Расчет напряженности магнитного поля и индукции	69	
4.4.2.	Относительная проницаемость среды μ_r	69	
4.4.3.	Динамическая проницаемость	70	
4.4.4.	Магнитные потери	71	

4.5.	Поток магнитной индукции	71
4.5.1.	Ориентирование поверхности S (рис. 4.11)	71
4.5.2.	Поток через поверхность. Определения	71
4.5.3.	Идеальная магнитная цепь (ИМЦ)	72
4.6.	Магнитное сопротивление идеальной магнитной цепи	72
4.7.	Поток самоиндукции	74
4.7.1.	Физическое явление	74
4.7.2.	Индуктивность. Определение	74
4.8.	Цепи с переменным потоком	75
4.8.1.	Физическое явление. Закон Фарадея	75
4.8.2.	Закон Фарадея	76
4.8.3.	Правило наибольшего потока	76
4.8.4.	Электромагниты	76

Глава 5

Установившиеся синусоидальные процессы в однофазных системах

5.1.	Свойства синусоидальных величин	78
5.2.	Установившиеся синусоидальные процессы. Методы расчетов	80
5.2.1.	Векторное построение Фрезеля	80
5.2.2.	Использование комплексных чисел	82
5.2.3.	Выражения для комплексных чисел	83
5.3.	Полные комплексные сопротивление и проводимость двухполюсника	83
5.4.	Мощности. Коэффициент мощности	85
5.5.	Добротность. Последовательно-параллельное преобразование	90
5.5.1.	Добротность	90
5.5.2.	Последовательно-параллельное преобразование	91
5.6.	Резонансные цепи	91
5.7.	Частотные свойства. Комплексная передаточная функция	94
5.7.1.	Передаточная функция	94
5.7.2.	Диаграмма Боде	97

Глава 6

Установившиеся синусоидальные процессы в трехфазных системах

6.1.	Трехфазные установки. Определения	100
6.2.	Соединения	104
6.2.1.	Соединение в звезду	104
6.2.2.	Соединение в треугольник	105



6.3.	Мощности. Коэффициент мощности	106
6.3.1.	Общий случай	106
6.3.2.	Трехфазные генератор и потребитель симметричны	106

Глава 7

Динамический режим. Среднее и действующее значения ... 109

7.1.	Динамический режим	109
7.2.	Среднее значение	110
7.2.1.	Среднее значение тока	110
7.2.2.	Определения (табл. 7.1)	110
7.3.	Действующее значение	112
7.3.1.	Действующее значение тока	112
7.3.2.	Определения (табл. 7.2)	112
7.4.	Разложение периодического сигнала	113
7.5.	Свойства сигнала	114

Глава 8

Периодический процесс. Ряды Фурье 117 |

8.1.	Ряды Фурье	117
8.1.1.	Основная теорема	117
8.1.2.	Расчет коэффициентов	118
8.1.3.	Соотношения между коэффициентами	118
8.1.4.	Свойства. Упрощение расчетов	118
8.1.5.	Формула Бесселя – Парсеваля	120
8.2.	Физический смысл периодических процессов	120
8.2.1.	Периодический режим. Периодический сигнал	120
8.2.2.	Разложение периодического сигнала. Терминология	120
8.2.3.	Действующее значение и средняя мощность	122
8.2.4.	Оценка сигнала	124
8.2.5.	Приложение к линейным системам	124
8.3.	Графическое представление спектров	126
8.3.1.	Представление в функции времени	126
8.3.2.	Частотные свойства	126
8.4.	Некоторые классические сигналы	129

Глава 9

Переходные процессы в линейной системе 133 |

9.1.	Линейная система	133
9.2.	Общий принцип исследования переходных процессов	134
9.2.1.	Воздействующие сигналы	134
9.2.2.	Математическое описание электрической цепи	134

9.2.3.	Решение дифференциального уравнения	135
9.2.4.	Переходный и установившийся режимы	137
9.3.	Линейная система первого порядка	137
9.3.1.	Методы решения дифференциального уравнения	137
9.3.2.	Переходная характеристика цепи	138
9.3.3.	Простейшие электрические схемы	140
9.4.	Линейная система второго порядка	146
9.4.1.	Последовательность решения дифференциального уравнения	146
9.4.2.	Переходная характеристика	148
9.4.3.	Элементарные электрические цепи	152

Глава 10

Символический метод. Преобразование Лапласа	155	
10.1.	Функция воздействия	155
10.2.	Единичные импульсы Дирака	156
10.2.1.	Определение и понятие	157
10.2.2.	Соотношения при единичной ступени	158
10.2.3.	Умножение функции на импульс Дирака	158
10.2.4.	Производная в точке разрыва	159
10.3.	Преобразование Лапласа	159
10.3.1.	Определение	159
10.3.2.	Таблица ПЛ некоторых распространенных функций	161
10.3.3.	Свойства и теоремы	161
10.3.4.	Нахождение изображения F функции f	163
10.3.5.	Нахождение оригинала f по изображению F	165
10.4.	Исследование линейной системы	169
10.4.1.	Использование ПЛ при исследовании линейной системы ...	169
10.4.2.	Передаточная функция Лапласа	171
10.4.3.	Импульсный отклик. Воздействие	171
10.4.4.	Соответствие передаточной функции дифференциальному уравнению	172
10.4.5.	Описание электрической цепи	173
10.4.6.	Временная характеристика	175
10.4.7.	Частотные свойства или гармоники	176
10.5.	Линейная система первого порядка	177
10.5.1.	Простейшие передаточные функции 0-го и 1-го порядка ..	178
10.5.2.	Простейшие электрические цепи	178
10.6.	Линейная система второго порядка	182
10.6.1.	Простейшие передаточные функции второго порядка (табл. 10.10)	182



10.6.2. Последовательная резонансная цепь (рис. 10.13)	183
--	-----

Часть II. Электронные компоненты

Глава 11

Сопротивления	186
----------------------------	-----

11.1. Основная модель	186
11.1.1. Закон Ома. Сопротивление. Проводимость.	186
11.1.2. Соединение сопротивлений	187
11.1.3. Мощность рассеяния	188
11.2. Ограничения и допущения	188
11.2.1. Максимальная мощность	188
11.2.2. Температурный коэффициент	189
11.2.3. Свойства при высоких частотах	190
11.3. Переменные и подстроечные сопротивления. Потенциометры .	191

Глава 12

Конденсаторы	194
---------------------------	-----

12.1. Основная модель	194
12.1.1. Соотношение между q , u и i . Емкость	194
12.1.2. Соединения конденсаторов	196
12.1.3. Электрическое поле. Электростатическая сила	197
12.1.4. Запасенная энергия	198
12.1.5. Непрерывность и стабильность электрических напряжения и заряда	198
12.1.6. Синусоидальный процесс	198
12.2. Ограничения и допущения	199
12.2.1. Разрушающее поле. Номинальное напряжение	199
12.2.2. Температурный коэффициент	199
12.2.3. Коэффициент напряжения	200
12.2.4. Частотные свойства	200

Глава 13

Индуктивно несвязанные катушки	203
---	-----

13.1. Основная модель	203
13.1.1. Соотношения между Φ , i и u . Индуктивность	203
13.1.2. Соединение индуктивно несвязанных катушек	205
13.1.3. Энергия, запасенная в линейной катушке	207
13.1.4. Непрерывность и стабильность тока и потока	207
13.1.5. Синусоидальный процесс	207

13.2. Ограничения и допущения.....	208
13.2.1. Наибольший ток. Номинальный ток.....	208
13.2.2. Температурный коэффициент	208
13.2.3. Токовый коэффициент	208
13.2.4. Частотные свойства катушки без рассеяния и без потерь в железе.....	209
13.2.5. Потери в железе. Рассеяние	210
13.2.6. Нелинейности при магнитном сердечнике.....	211

Глава 14

Индуктивно связанные катушки	213
14.1. Основная модель	213
14.1.1. Индуктивная связь. Взаимная индуктивность	213
14.1.2. Соединения двух индуктивно связанных катушек.....	216
14.1.3. Запасаемая энергия индуктивно связанными катушками ..	216
14.1.4. Поток рассеяния. Поток намагничивания	216
14.1.5. Синусоидальный процесс.....	218
14.2. Ограничения и допущения.....	219
14.2.1. Сопротивления проводов. Распределенные емкости катушек. Емкость связи катушек	219
14.2.2. Потери в железе. Нелинейности	220

Глава 15

Трансформаторы	221
15.1. Введение	221
15.2. Идеальный трансформатор (И.Т.)	222
15.2.1. Гипотезы. Эквивалентная схема	222
15.2.2. Синусоидальный процесс.....	222
15.3. Трансформатор без потерь и рассеяния (Т.Б.П.Р.)	225
15.4. Трансформатор с рассеянием и потерями в меди	226
15.5. Трансформатор с рассеянием магнитного потока, потерями в меди и в железе	228
15.6. Трансформатор Каппа.....	228
15.7. Реальный трансформатор. Нелинейности	229

Глава 16

Диоды	232
16.1. Диоды с PN-переходом	232
16.1.1. Обозначение. Устройство	232
16.1.2. Идеальная модель (рис. 16.3)	233

16.1.3.	Кусочно-линейная модель (рис. 16.4)	233
16.1.4.	Основная модель	234
16.1.5.	Ограничения и допущения	237
16.2.	Особенности некоторых диодов	241
16.2.1.	Диоды выпрямителей	241
16.2.2.	Диоды Зенера. Диоды — стабилизаторы напряжения (стабилитроны)	241
16.2.3.	Диоды Шоттки	243
16.2.4.	Диоды с переменной емкостью (варикапы)	243
16.2.5.	PIN-диоды	244
16.2.6.	Туннельные диоды	244

Глава 17

Биполярные транзисторы	246	
17.1.	Условные обозначения. Устройство	246
17.2.	Транзистор NPN-типа	247
17.2.1.	Основная модель	247
17.2.2.	Ограничения и допущения	254
17.3.	PNP-транзистор	259
17.4.	Специальные транзисторы	259
17.4.1.	Схема Дарлингтона	259
17.4.2.	Два дополнительных транзистора	260
17.4.3.	Транзистор Шоттки	261

Глава 18

МОП-транзисторы	262	
18.1.	Условные обозначения. Устройство	262
18.2.	N-канальный обогащенный полевой транзистор	263
18.2.1.	Основная модель	263
18.2.2.	Ограничения и допущения	269
18.3.	P-канальный обогащенный полевой транзистор	273
18.3.1.	Основная модель	273
18.3.2.	Ограничения и допущения	275
18.4.	Обедненный полевой МОП-транзистор	275
18.5.	Логический уровень полевого транзистора	276
18.6.	Полевой МОП-транзистор для измерения тока	276
18.7.	Полевой МОП-транзистор с быстрым диодом	278
18.8.	Биполярный транзистор с изолированным затвором	278

Глава 19

Тиристоры	280
------------------------	-----

19.1.	Управляемые выпрямители (УВ)	280
19.1.1.	Назначение. Условное обозначение.	280
19.1.2.	Идеальная модель	280
19.1.3.	Устройство. Модель двух наслоенных транзисторов	281
19.1.4.	Вольт-амперная характеристика (рис. 19.5)	282
19.1.5.	Отпирание УВ	283
19.1.6.	Запирание УВ	284
19.1.7.	Аспекты времени	284
19.1.8.	Принципиальные ограничения	284
19.2.	Двухоперационные тиристоры	285
19.3.	Семистор	286
19.3.1.	Принцип действия. Условное обозначение.	286
19.3.2.	Идеальная модель (рис. 19.9)	286
19.3.3.	Устройство. Эквивалентная схема двух УВ (рис. 19.10)	287
19.3.4.	Вольт-амперная характеристика (рис. 19.11)	287
19.3.5.	Управление семистором	287
19.3.6.	Запирание семистора	289
19.3.7.	Время	289
19.4.	Импульсный диод	289
19.4.1.	Принцип действия. Обозначение (рис. 19.13)	289
19.4.2.	Модель, близкая к идеальной	290
19.4.3.	Вольт-амперная характеристика (рис. 19.15)	290
19.5.	Проблемы внедрения тиристоров и семисторов	291
19.5.1.	Скорость изменения напряжений u_{AK} и u_{A2A1}	291
19.5.2.	Максимальные значения напряжений u_{AK} и u_{A2A1}	293
19.5.3.	Максимальное значение тока i_A	294
19.5.4.	Скорость изменения тока i_A	294
Глава 20		
Фотоэлементы		295
20.1.	Общие вопросы	295
20.1.1.	Фотон. Электромагнитная волна	295
20.1.2.	Оптические величины и единицы измерения	295
20.1.3.	Зрительное восприятие человека	295
20.1.4.	Инфракрасное излучение	298
20.1.5.	Оптоэлектронные эмиттеры или антенны (рис. 20.2)	298
20.1.6.	Оптоэлектронные приемники (рис. 20.3)	298
20.2.	Светодиоды	299
20.2.1.	Условное обозначение. Световые величины. Модели	299
20.2.2.	Типы проводимости	300
20.3.	Диоды LASER	302

20.4.	Фотодиоды	303
20.4.1.	Условное обозначение (рис. 20.8)	303
20.4.2.	Основная модель	303
20.4.3.	Динамическая модель	305
20.4.4.	Рабочие режимы	305
20.5.	Фототранзисторы	307
20.6.	Солнечные батареи	308
20.7.	Оптроны	308

Глава 21

Операционные усилители	310	
21.1.	Условное обозначение. Структура	310
21.2.	Простейшая идеальная модель	311
21.3.	Ограничения и допущения	312
21.3.1.	Напряжение смещения. Токи поляризации	312
21.3.2.	Частотные свойства	314
21.3.3.	Полные входное и выходное сопротивления	316
21.3.4.	Коэффициент подавления синфазной составляющей	318
21.3.5.	Максимальная скорость изменения выходного напряжения ...	318

Глава 22

Аналоговые компараторы	320	
22.1.	Условные обозначения. Описание	320
22.2.	Элементарная модель. Идеальная модель	321
22.3.	Ограничения и допущения	322

Глава 23

Тепловые потери	325	
23.1.	Электрические аналоги тепловой модели	325
23.2.	Пути тепловых потерь	326
23.3.	Статическая тепловая модель (непрерывная)	326
23.4.	Динамическая тепловая модель (переходная)	327
23.4.1.	Последовательность импульсов мощности в установившемся режиме	328
23.4.2.	Единственный импульс мощности	331
23.4.3.	Наложение последовательности импульсов мощности на постоянную составляющую	332
23.5.	Составляющие охлаждения	332

Часть III. Электронные устройства

Глава 24

Аналоговые фильтры	334
24.1. Назначение. Идеальные фильтры	334
24.2. Элементарные передаточные функции	336
24.2.1. Передаточные функции первого порядка	336
24.2.2. Передаточные функции второго порядка	338
24.3. Аппроксимация идеальных аналоговых фильтров	345
24.4. Эталонная частота. Неискажающий фильтр	348

Глава 25

Усиление и аналоговые операции	351
25.1. Общие вопросы. Определения	351
25.2. Усиление по напряжению	355
25.3. Усиление по току	358
25.4. Преобразование ток-напряжение (полное переходное сопротивление)	359
25.5. Преобразователь напряжение – ток (полная переходная проводимость)	360
25.6. Дифференциальное усиление	362
25.6.1. Усилитель элементарных разностей	363
25.6.2. Дифференциальный подстроечный усилитель	365
25.6.3. Разделительный дифференциальный усилитель	366
25.7. Усиление мощности	367
25.7.1. Общие вопросы. Определения	367
25.7.2. Усиление в режиме А	368
25.7.3. Усиление в режиме В. Двухтактная схема	369
25.7.4. Усиление в режиме АВ	371
25.7.5. Усиление в режиме D	371
25.8. Согласование сопротивления	372
25.8.1. Введение	372
25.8.2. Согласование на выходе	372
25.8.3. Согласованные четырехполюсники	373
25.9. Другие аналоговые операции с сигналами	374
25.9.1. Сумматор	374
25.9.2. Дифференцирующий усилитель	376
25.9.3. Интегратор	377
25.9.4. Обратные функции и операции	378
25.9.5. Умножитель	379

Глава 26

Преобразование сигналов	382
26.1. Введение	382
26.2. Дифференциальное исчисление. Чувствительность	382
26.3. Приближенные расчеты методом малых приращений	384
26.4. Ошибки. Погрешности. Допуски	386
26.5. Калибровка	389

Глава 27

Замкнутые системы: обратная связь.

Генераторы колебаний	392
27.1. Принцип построения замкнутых систем. Обратная связь	392
27.1.1. Блок-схема с сумматором на входе (рис. 27.1)	392
27.1.2. Блок-схема с вычитающим устройством на входе	396
27.2. Ввод обратной связи через усилитель	397
27.2.1. Эффекты обратной связи	398
27.2.2. Четыре структуры реакций	398
27.3. Генераторы синусоидальных колебаний	402
27.3.1. Блок-схема генератора синусоидальных колебаний	402
27.3.2. Генераторы синусоидальных колебаний тока	403

Глава 28

Аналоговое сравнение	409
28.1. Сравнение сигналов	409
28.2. Гистерезисное сравнение	410
28.3. Сравнение в окне	412

Глава 29

Генераторы прямоугольных сигналов	415
29.1. Ждущий мультивибратор	415
29.2. Несинхронизированный мультивибратор	417
29.3. Запаздывание. Выдержка времени	420
29.4. Практические соображения	423
29.4.1. RC-цепь при воздействии ступенчатым напряжением или током	423
29.4.2. Подключение конденсатора непосредственно к источнику тока	424

Глава 30

Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразования.....	426
30.1. Определения	426
30.2. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)	427
30.3. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).....	428
30.4. Используемые в ЦАП и АЦП коды	430
30.4.1. Основные коды для униполярных преобразователей.....	430
30.4.2. Основные коды для биполярных преобразователей	432
30.5. Описания ЦАП И АЦП	435
30.5.1. Статические свойства.....	435
30.5.2. Динамические характеристики	437

Часть IV. Силовая электроника**Глава 31**

Неуправляемое выпрямление	440
31.1. Однофазное однополупериодное выпрямление	441
31.1.1. Активная нагрузка (рис. 31.1 и 31.2).....	441
31.1.2. Сглаживание выходного напряжения (рис. 31.3 и 31.4)	442
31.1.3. Сглаживание выходного тока (рис. 31.6 и 31.7)	444
31.2. Однофазное двухполупериодное выпрямление	445
31.2.1. Активная нагрузка.....	445
31.2.2. Сглаживание выходного напряжения (рис. 31.12).....	447
31.2.3. Сглаживание выходного тока (рис. 31.14 и 31.15)	448
31.3. Однополупериодное трехфазное выпрямление	449
31.3.1. Резистивная нагрузка (рис. 31.16 и 31.17)	449
31.3.2. Сглаживание выходного напряжения	450
31.3.3. Сглаживание выходного тока	451
31.4. Мостовая схема трехфазного двухполупериодного выпрямления ...	451
31.4.1. Резистивная нагрузка (рис. 31.18 и 31.19).....	451
31.4.2. Сглаживание выходного напряжения	453
31.4.3. Сглаживание выходного тока	453
31.5. Основные характеристики схем выпрямления	454

Глава 32

Управляемые выпрямители	455
32.1. Однофазное однополупериодное выпрямление	455
32.1.1. Выпрямитель без разрядного диода.....	455
32.1.2. Выпрямитель с разрядным диодом	457
32.2. Однофазное двухполупериодное выпрямление	459

32.2.1.	Симметричный мост без разрядного диода.....	459
32.2.2.	Симметричная мостовая схема с разрядным диодом	467
32.2.3.	Смешанные мостовые схемы	468
32.3.	Трехфазное однополупериодное выпрямление.....	468
32.3.1.	Выпрямитель без разрядного диода.....	468
32.3.2.	Выпрямитель с разрядным диодом	472
32.4.	Трехфазное двухполупериодное выпрямление.....	473
32.4.1.	Симметричный мост без разрядного сопротивления	473
32.4.2.	Симметричный мост с разрядным диодом	477
32.4.3.	Смешанный мост	477
32.5.	Коэффициент мощности выпрямителя	479
32.6.	Критерии выбора.....	480

Глава 33

Преобразователи постоянного тока.....	482	
33.1.	Последовательный вольтопонижающий регулятор	482
33.1.1.	Принцип действия (рис. 33.2).....	482
33.1.2.	Последовательный регулятор со сглаживанием тока (рис. 33.3)	483
33.2.	Параллельный вольтоповышающий регулятор	487
33.2.1.	Принцип действия (рис. 33.6).....	487
33.2.2.	Параллельный регулятор со сглаживанием напряжения....	488
33.3.	Регулятор с индуктивным накоплением.....	493
33.4.	Двухквadrантный или полумостовой регулятор	495
33.4.1.	Принцип действия.....	495
33.4.2.	Двухквadrантный регулятор со сглаживанием тока.....	496
33.5.	Четырехквadrантный или мостовой регулятор	497
33.5.1.	Принцип действия (рис. 33.17)	497
33.5.2.	Четырехквadrантный регулятор со сглаживанием тока ...	499

Глава 34

Источники импульсного питания.....	502	
34.1.	Преобразователи без гальванической развязки.....	502
34.1.1.	Вольтопонижающий преобразователь	502
34.1.2.	Вольтоповышающий преобразователь (рис. 34.4).....	506
34.1.3.	Инвертирующий напряжение преобразователь (рис. 34.6) .	509
34.2.	Преобразователи с гальванической развязкой	511
34.2.1.	Преобразователь с рекуперацией энергии (рис. 34.8).....	511
34.2.2.	Преобразователь прямой передачи энергии с гальванической развязкой	516

Глава 35**Статические реле. Плавные регуляторы..... 521**

- 35.1. Статические реле 521
 - 35.1.1. Состав — электронный прерыватель переменного тока.... 521
 - 35.1.2. Принцип действия 522
- 35.2. Плавные регуляторы 532
 - 35.2.1. Управление углом проводимости 533
 - 35.2.2. Управление изменением количества полных периодов..... 535
 - 35.2.3. Трехфазные плавные регуляторы 536

Глава 36**Независимые инверторы 537**

- 36.1. Основной принцип построения 537
- 36.2. Мостовой инвертор напряжения..... 538
 - 36.2.1. Симметричное управление. Индуктивная нагрузка 539
 - 36.2.2. Управление со сдвигом. Индуктивная нагрузка 541
 - 36.2.3. Ступенчатое напряжение 542
 - 36.2.4. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)..... 544
- 36.3. Принцип построения трехфазных инверторов 550

Часть V. Электрические машины**Глава 37****Энергетика 551**

- 37.1. Энергетический баланс 551
- 37.2. Работа силы. Работа момента..... 553
 - 37.2.1. Работа силы 553
 - 37.2.2. Работа момента сил 553
- 37.3. Уравнение движения 555
- 37.4. Момент инерции твердого тела относительно оси вращения ... 556
- 37.5. Идеальные характеристики нагрузок..... 557
- 37.6. Сравнительная оценка двигателей 559

Глава 38**Трансформаторы при синусоидальном питании
и постоянной частоте 560**

- 38.1. Использование. Принципиальная схема. Режимы 560
- 38.2. Идеальный трансформатор..... 561
 - 38.2.1. Режим трансформации 561
 - 38.2.2. Синусоидальный режим 561

38.3. Реальный трансформатор	562
38.4. Трехфазный трансформатор.....	565
38.4.1. Устройство.....	565
38.4.2. Группы соединений обмоток	565
38.4.3. КПД и модель.....	567

Глава 39

Вращающиеся поля	569
39.1. Вращающиеся машины переменного тока.....	569
39.1.1. Устройство.....	569
39.1.2. Определения	569
39.2. Распределение магнитного поля в зазоре.....	570
39.2.1. Двухполюсная машина	570
39.2.2. Многополюсная машина	572
39.3. Создание вращающегося поля	572
39.3.1. Эффект вращающихся полей.....	572
39.3.2. Вращение многополюсного ротора.....	573
39.3.3. Трехфазные многополюсные обмотки	574
39.4. Однофазная обмотка	575
39.5. Двухфазная обмотка.....	576

Глава 40

Трехфазные синхронные машины	577
40.1. Устройство. Принцип действия. Возбуждение	577
40.2. Трехфазный генератор.....	579
40.2.1. Холостой ход.....	579
40.2.2. Автономный генератор под нагрузкой	580
40.2.3. Эквивалентная модель приведенной к статору машины	580
40.2.4. Баланс мощностей. КПД	582
40.2.5. Подключение к сети	583
40.3. Синхронный двигатель	585
40.3.1. Упрощенная модель. Баланс мощностей и момент.....	585
40.3.2. Пуск. Регулирование скорости	586
40.3.3. Ведомый полем синхронный двигатель.....	586
40.4. Бесконтактный двигатель	587
40.4.1. Описание	587
40.4.2. Принцип действия двигателя с прямоугольными токами ..	587
40.4.3. Заключение	591
40.5. Использование синхронных машин	591

Глава 41

Трехфазные асинхронные двигатели	592
41.1. Устройство. Принцип действия. Скольжение.....	592
41.1.1. Устройство.....	592
41.1.2. Принцип действия	593
41.1.3. Скольжение.....	593
41.2. Баланс мощностей. КПД	594
41.3. Модель и характеристики	595
41.4. Пуск.....	597
41.5. Регулирование скорости.....	597
41.6. Обратимость. Торможение	598
41.6.1. Торможение.....	598
41.7. Асинхронный однофазный двигатель.....	598

Глава 42

Шаговые двигатели	599
42.1. Принцип действия и определения	599
42.1.1. Принцип действия	599
42.1.2. Определения.....	599
42.1.3. Двигатели с постоянными магнитами	600
42.1.4. Двигатели с переменной магнитной проницаемостью или реактивные (рис. 42.4)	602
42.1.5. Гибридные двигатели	602
42.2. Свойства.....	603
42.3. Каскад мощности.....	603
42.4. Статический и динамический режимы	604
42.4.1. Статический режим	604
42.4.2. Динамический режим	605
42.5. Использование	606

Глава 43

Машины постоянного тока	607
43.1. Основы	607
43.1.1. Принцип действия. Обратимость. Устройство	607
43.1.2. ЭДС. Модель. Момент. Скорость	609
43.2. Двигатель независимого возбуждения	611
43.2.1. Схема. Пуск. Регулирование скорости.....	611
43.2.2. Баланс мощностей. КПД	612
43.2.3. Характеристики (табл. 43.2).....	613
43.2.4. Торможение.....	613

43.3.	Двигатель последовательного возбуждения.....	613
43.3.1.	Схема. Пуск. Регулирование скорости.....	613
43.3.2.	Баланс мощностей. КПД.	614
43.3.3.	Характеристики двигателя последовательного возбужде- ния (табл. 43.2)	615
43.3.4.	Торможение.....	616
43.3.5.	Универсальный двигатель	616
Предметный указатель.....		617