

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	11
Введение	13
Тема 1. Элементы и параметры цепей	15
1.1. Основные понятия и определения	15
1.1.1. Термины и определения. 1.1.2. Состав электрической цепи. 1.1.3. Схемы электрической цепи	
1.2. Пассивные элементы цепей	22
1.2.1. Резистор и его свойства. 1.2.2. Индуктивная катушка и ее свойства. 1.2.3. Конденсатор и его свойства	
1.3. Активные элементы цепей	28
1.3.1. Источники напряжения и их характеристики. 1.3.2. Источники тока и их характеристики	
1.4. Взаимные преобразования источников напряжения и тока	34
Вопросы к теме 1	36
Тема 2. Методы расчета электрических цепей	38
2.1. Задача расчета электрической цепи. Принципы и теоремы электротехники	38
2.1.1. Общие положения. 2.1.2. Принципы и теоремы электротехники	
2.2. Классификация электрических цепей	44
2.2.1. Простые и сложные цепи. 2.2.2. Линейные и нелинейные цепи. 2.2.3. Параметрические цепи. 2.2.4. Цепи с сосредоточенными и с распределенными параметрами. 2.2.5. Пассивные и активные цепи	
2.3. Преобразование схем электрических цепей	47
2.3.1. Последовательное соединение элементов. 2.3.2. Правило делителя напряжения. 2.3.3. Параллельное соединение элементов. 2.3.4. Правило делителя тока. 2.3.5. Последовательно-параллельное (смешанное) соединение элементов. 2.3.6. Преобразование соединения треугольником в эквивалентное соединение звездой. 2.3.7. Преобразование соединения звездой в эквивалентное соединение треугольником. 2.3.8. Перенос идеального источника напряжения. 2.3.9. Перенос идеального источника тока. 2.3.10. Некорректные соединения элементов	
2.4. Метод расчета, основанный на законе Ома	63
2.5. Метод наложения	65
2.6. Метод расчета, основанный на законах Кирхгофа	67
2.6.1. Общие положения. 2.6.2. Первый закон Кирхгофа. 2.6.3. Второй закон Кирхгофа. 2.6.4. Основания для составления уравнений. 2.6.5. Потенциальная диаграмма	

2.7. Метод контурных токов	73
2.8. Метод узловых напряжений	77
2.8.1. Общие положения. 2.8.2. Метод двух узлов	
2.9. Метод эквивалентного генератора	83
2.10. Применение матриц к расчету электрических цепей . . .	84
2.10.1. Общие положения. 2.10.2. Законы Кирхгофа в матричной форме. 2.10.3. Матричное уравнение контурных токов. 2.10.4. Матричное уравнение узловых напряжений	
2.11. Особенности расчета цепей с зависимыми источниками энергии	95
2.11.1. Особенности применения метода контурных токов. 2.11.2. Особенности применения метода узловых напряжений. 2.11.3. Особенности применения метода эквивалентного генератора	
2.12. Особенности расчета нелинейных электрических цепей	99
2.12.1. Общие положения. 2.12.2. Классификация и характеристики нелинейных элементов. 2.12.3. Расчет нелинейных резистивных цепей. 2.12.4. Расчет нелинейных динамических цепей	
Вопросы к теме 2	125
Тема 3. Электрические цепи синусоидального тока	128
3.1. Представление и параметры синусоидальных величин . .	128
3.1.1. Общие положения. 3.1.2. Аналитическое представление синусоидальных величин. 3.1.3. Графическое представление синусоидальных величин. 3.1.4. Основные параметры синусоидальных величин. 3.1.5. Представление синусоидальных величин в виде комплексных функций (комплексных чисел). 3.1.6. Свойства комплексных чисел. 3.1.7. Алгебра комплексных чисел	
3.2. Особенности расчета однофазных цепей синусоидального тока	142
3.2.1. Параметры установившихся токов в ветвях цепи. 3.2.2. Положительные направления токов в цепи. 3.2.3. Дифференциальные уравнения цепи гармонического тока	
3.3. Анализ процессов в неразветвленных цепях методом векторных диаграмм	145
3.3.1. Анализ процессов в последовательной RL -цепи. 3.3.2. Анализ процессов в последовательной RC -цепи методом векторных диаграмм. 3.3.3. Анализ процессов в RLC -цепи методом векторных диаграмм	
3.4. Мощности цепи синусоидального тока и коэффициент мощности	156
3.4.1. Мгновенная мощность цепи гармонического тока. 3.4.2. Активная мощность цепи гармонического тока. 3.4.3. Реактивная индуктивная мощность цепи гармонического тока. 3.4.4. Реактивная емкостная мощность цепи гармонического тока. 3.4.5. Полная мощность цепи гармонического тока. 3.4.6. Коэффициент мощности цепи гармонического тока. 3.4.7. Согласование источника энергии с нагрузкой	

3.5. Комплексный метод анализа цепей синусоидального тока	166
3.5.1. Сущность комплексного метода. 3.5.2. Компонентные уравнения пассивных элементов электрической цепи в комплексной форме. 3.5.3. Комплексная схема замещения электрической цепи. 3.5.4. Закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме. 3.5.5. Цепь с параллельным соединением ветвей. 3.5.6. Цепи с последовательно-параллельным соединением ветвей. 3.5.7. Разветвленные цепи с несколькими источниками. 3.5.8. Комплексная мощность и баланс мощностей в сложной цепи гармонического тока	
3.6. Индуктивно связанные электрические цепи	191
3.6.1. Понятие о взаимной индукции. 3.6.2. Магнитные потоки и потокоцепления индуктивно связанных катушек. 3.6.3. Понятие о взаимной индуктивности. 3.6.4. Уравнения электрического равновесия в контурах с ЭДС (само)индукции и ЭДС взаимной индукции. 3.6.5. Меры оценки магнитной связи катушек. 3.6.6. Анализ цепей с последовательным соединением двух индуктивно связанных катушек. 3.6.7. Экспериментальное определение взаимной индуктивности. 3.6.8. Анализ цепей с параллельным включением двух индуктивно связанных катушек. 3.6.9. Анализ разветвленных индуктивно связанных цепей	
3.7. Резонанс в электрических цепях	203
3.7.1. Понятие о резонансе в электрических цепях. 3.7.2. Резонанс напряжений. 3.7.3. Резонанс токов	
3.8. Четырехполюсники	217
3.8.1. Основы общей теории четырехполюсников. 3.8.2. Характеристические (вторичные) параметры неавтономных четырехполюсников	
3.9. Трехфазные цепи	232
3.9.1. Трехфазная система питания потребителей электроэнергии. 3.9.2. Соединение звезда-звезда. 3.9.3. Соединение треугольник-треугольник. 3.9.4. Мощности в трехфазных цепях	
Вопросы к теме 3	246
Тема 4. Переходные процессы в электрических цепях	249
4.1. О переходных процессах и методах их расчета	249
4.1.1. Общие положения. 4.1.2. Причины и характер переходных процессов. 4.1.3. Правила (законы) коммутации. 4.1.4. Начальные условия. 4.1.5. Схемы замещения заряженного конденсатора и индуктивной катушки с начальным током. 4.1.6. Методы расчета переходных процессов	
4.2. Классический метод расчета переходных процессов	260
4.2.1. Переходные процессы в последовательной RL -цепи при ее подключении к источнику постоянного напряжения. 4.2.2. Переходные процессы при включении последовательной RC -цепи под синусоидальное напряжение. 4.2.3. Общая формула расчета переходных процессов в линейной цепи первого порядка. 4.2.4. Переходные процессы в последовательной RLC -цепи. 4.2.5. Переходные процессы в разветвленных электрических цепях второго порядка	

4.3. Расчет переходных процессов методом переменных состояния	282
4.3.1. Общие положения. 4.3.2. Формирование уравнений состояния с помощью уравнений Кирхгофа. 4.3.3. Формирование уравнений состояния методом наложения	
4.4. Расчет переходных процессов операторным методом	289
4.4.1. Общие сведения. 4.4.2. Интегралы операторного преобразования. 4.4.3. Достоинства операторного метода. 4.4.4. Примеры изображений функций. 4.4.5. Таблица соответствия изображений и их оригиналов. 4.4.6. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме	
4.5. Передаточная функция цепи. Частотные характеристики цепи	305
4.5.1. Общие положения. 4.5.2. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики цепи. 4.5.3. Нормирование и построение АЧХ и ФЧХ. 4.5.4. Расчет и построение ЛАЧХ и ЛФЧХ простейших звеньев	
4.6. Временные характеристики цепи	313
4.6.1. Понятие об импульсных сигналах. 4.6.2. Единичное ступенчатое воздействие $1(t)$. 4.6.3. Единичное импульсное воздействие $\delta(t)$. 4.6.4. Переходная функция $h(t)$ цепи. 4.6.5. Импульсная функция $g(t)$ цепи. 4.6.6. Дифференцирующие и интегрирующие цепи	
Вопросы к теме 4	326
Тема 5. Электрические цепи периодического несинусоидального тока	328
5.1. Расчет линейных цепей при действии периодической несинусоидальной ЭДС	328
5.1.1. Определение периодических несинусоидальных напряжений и токов. 5.1.2. Методика расчета реакции цепи на входной несинусоидальный периодический сигнал. 5.1.3. Представление периодических несинусоидальных функций рядом Фурье. 5.1.4. Формы записи ряда Фурье. 5.1.5. Амплитудный и фазовый спектры периодической несинусоидальной функции	
5.2. Свойства периодических несинусоидальных функций, обладающих симметрией	334
5.2.1. Симметрия относительно оси ординат. 5.2.2. Симметрия относительно начала осей координат. 5.2.3. Симметрия относительно оси абсцисс. 5.2.4. Сочетание симметрий относительно оси ординат и оси абсцисс. 5.2.5. Сочетание симметрий относительно начала осей координат и оси абсцисс. 5.2.6. Таблица некоторых разложений в ряд Фурье	
5.3. Расчет токов линейных цепей при периодическом несинусоидальном напряжении на входе	341
5.4. Средние и действующие значения периодических несинусоидальных тока, напряжения и ЭДС	343
5.4.1. Средние значения периодических несинусоидальных тока, напряжения и ЭДС. 5.4.2. Действующие периодические несинусоидальные ток, напряжение и ЭДС	

5.5. Мощности при периодических несинусоидальных токах и напряжениях	349
5.6. Коэффициенты, характеризующие периодические несинусоидальные напряжение, ток и ЭДС	350
5.7. Зависимость формы кривой тока от характера цепи при несинусоидальном напряжении	352
5.7.1. Влияние резистивного элемента на форму кривой тока.	
5.7.2. Влияние индуктивного элемента на форму кривой тока.	
5.7.3. Влияние емкостного элемента на форму кривой тока	
5.8. Сглаживающие и частотные электрические фильтры . . .	356
5.8.1. Сглаживающие фильтры. 5.8.2. Частотные фильтры	
5.9. Интегрирующие и дифференцирующие цепи	393
5.9.1. Интегрирующая цепь на основе RC -звена. 5.9.2. Интегрирующая цепь на основе операционного усилителя. 5.9.3. Дифференцирующая цепь на основе RC -звена. 5.9.4. Дифференцирующая цепь на основе операционного усилителя	
Вопросы к теме 5	400
Тема 6. Магнитные цепи и электромагнитные устройства . . .	401
6.1. Основные магнитные величины и свойства ферромагнитных материалов	401
6.1.1. Неразрывность электрического и магнитного полей.	
6.1.2. Магнитная индукция. 6.1.3. Изображение магнитного поля и направление магнитной индукции. 6.1.4. Магнитный поток и потокосцепление. 6.1.5. Напряженность магнитного поля.	
6.1.6. Магнитная проницаемость ферромагнетиков. 6.1.7. Свойства ферромагнитных материалов	
6.2. Основные законы магнитных цепей	410
6.2.1. Назначение и типы магнитных цепей. 6.2.2. Проявления магнитного поля. 6.2.3. Закон Ампера. 6.2.4. Закон электромагнитной индукции (Фарадея). 6.2.5. Закон полного тока. 6.2.6. Закон Ома и законы Кирхгофа для магнитной цепи	
6.3. Расчет магнитных цепей при постоянном магнитном потоке	416
6.3.1. Постановка задачи. 6.3.2. Расчет неразветвленной магнитной цепи. 6.3.3. Расчет разветвленных магнитных цепей. 6.3.4. Расчет магнитной цепи постоянных магнитов	
6.4. Магнитные цепи переменного магнитного потока	431
6.4.1. Неразветвленная цепь переменного магнитного потока (катушка со сталью). 6.4.2. Форма намагничивающего тока и потери в стали. 6.4.3. Схема замещения и векторная диаграмма катушки со сталью	
6.5. Магнитные цепи с постоянной и переменной магнитодвижущими силами	442
6.5.1. Управляемый дроссель. 6.5.2. Магнитные усилители. 6.5.3. Феррорезонансные стабилизаторы напряжения	

6.6. Электрические аппараты и реле	451
6.6.1. Назначение и классификация электрических аппаратов.	
6.6.2. Электромагнитные реле. 6.6.3. Контакторы и пускатели.	
6.6.4. Условные графические обозначения электрических аппаратов. 6.6.5. Примеры схем автоматического управления электрическими двигателями	
Вопросы к теме 6	464
Тема 7. Трансформаторы	466
7.1. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора	466
7.1.1. Назначение однофазного трансформатора. 7.1.2. Холостой ход трансформатора	
7.2. Работа трансформатора под нагрузкой	470
7.2.1. Уравнения МДС и токов в нагруженном трансформаторе.	
7.2.2. Схемы замещения и векторная диаграмма нагруженного трансформатора	
7.3. Экспериментальное определение параметров схемы замещения трансформатора	474
7.3.1. Опыт холостого хода. 7.3.2. Опыт короткого замыкания	
7.4. Внешняя характеристика трансформатора	476
7.4.1. Упрощенная схема замещения трансформатора. 7.4.2. Внешняя характеристика трансформатора	
7.5. Особенности трехфазных трансформаторов, автотрансформаторов и измерительных трансформаторов	478
7.5.1. Особенности трехфазных трансформаторов. 7.5.2. Особенности автотрансформаторов. 7.5.3. Особенности измерительных трансформаторов	
Вопросы к теме 7	485
Тема 8. Асинхронные двигатели	487
8.1. Устройство и принцип действия асинхронных двигателей	487
8.1.1. Назначение и области применения асинхронных двигателей. 8.1.2. Устройство статора асинхронных двигателей. 8.1.3. Вращающееся магнитное поле статора. 8.1.4. Устройство обмоток роторов АД. 8.1.5. Принцип действия АД	
8.2. Скольжение и частота вращения ротора	491
8.3. Схема замещения асинхронного двигателя	492
8.3.1. Схемы замещения фаз статора и ротора АД. 8.3.2. Полная схема замещения фазы АД. 8.3.3. Векторная диаграмма схемы замещения АД	
8.4. Электромагнитный момент, механическая и рабочие характеристики двигателя	495
8.4.1. Потери в двигателе. 8.4.2. Электромагнитный момент двигателя. 8.4.3. Механическая характеристика двигателя. 8.4.4. Рабочие характеристики двигателя	

8.5. Пуск в ход и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	501
8.5.1. Пуск асинхронных двигателей. 8.5.2. Регулирование частоты вращения и реверсирование двигателей	
Вопросы к теме 8	507
Тема 9. Машины постоянного тока	509
9.1. Назначение, области применения и устройство машин постоянного тока	509
9.1.1. Назначение и области применения машин постоянного тока. 9.1.2. Устройство машин постоянного тока	
9.2. Генераторы постоянного тока	511
9.2.1. Принцип работы генератора постоянного тока. 9.2.2. Свойства и характеристики генератора независимого возбуждения. 9.2.3. Свойства и характеристики генераторов с самовозбуждением	
9.3. Двигатели постоянного тока	517
9.3.1. Принцип работы двигателей постоянного тока. 9.3.2. Вращающий электромагнитный момент двигателей постоянного тока. 9.3.3. ПротивоЭДС и баланс мощностей цепи якоря двигателя постоянного тока. 9.3.4. Классификация двигателей по способу возбуждения	
Вопросы к теме 9	525
Тема 10. Синхронные машины	526
10.1. Назначение, области применения и устройство синхронных машин	526
10.1.1. Назначение и области применения синхронных машин. 10.1.2. Устройство синхронных машин	
10.2. Работа синхронной машины в качестве генератора	528
10.2.1. ЭДС генератора. 10.2.2. Реакция якоря	
10.3. Основные характеристики автономного синхронного генератора	532
10.3.1. Характеристика холостого хода генератора. 10.3.2. Внешняя характеристика генератора. 10.3.3. Регулировочная характеристика генератора	
10.4. Включение генератора на параллельную работу в мощной энергосистеме	534
10.4.1. Условия синхронизации. 10.4.2. Синхроскоп. 10.4.3. Выработка генератором электрической энергии	
10.5. Работа синхронной машины в качестве двигателя	537
10.5.1. Принцип работы синхронного двигателя. 10.5.2. Пуск в ход синхронных двигателей. 10.5.3. Электромагнитный момент двигателя. 10.5.4. Угловая характеристика двигателя. 10.5.5. Механическая характеристика двигателя. 10.5.6. Работа двигателя в режиме компенсатора. 10.5.7. U-образные характеристики двигателя	
Вопросы к теме 10	543

Тема 11. Микромашины	545
11.1. Классификация микромашин	545
11.2. Универсальные коллекторные двигатели	545
11.3. Асинхронные микромашины	546
11.3.1. Асинхронные микродвигатели общего применения.	
11.3.2. Асинхронные исполнительные двигатели.	
11.3.3. Асинхронные тахогенераторы	
11.4. Синхронные микромашины	550
11.4.1. Синхронный микродвигатель с постоянными магнитами.	
11.4.2. Гистерезисный синхронный микродвигатель.	
11.4.3. Реактивный синхронный микродвигатель (РСМД).	
11.4.4. Шаговый синхронный микродвигатель (ШСМД)	
11.5. Микромашины постоянного тока	553
11.5.1. Тахогенераторы постоянного тока.	
11.5.2. Микродвигатели постоянного тока.	
11.5.3. Электромашинный усилитель с поперечным полем	
Вопросы к теме 11	557
Список литературы	558
Предметный указатель	559