



А. В. Крутов, Э. Л. Кочетова, Т. Ф. Гузанова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебник



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

А. В. Крутов
Э. Л. Кочетова
Т. Ф. Гузанова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Утверждено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для учащихся учреждений образования,
реализующих образовательные программы среднего специального
образования по направлению образования «Инженерия
и инженерное дело» и группам специальностей «Прикладные
информационные и коммуникационные технологии»,
«Агроинженерия»



Минск
РИПО
2025

УДК 621.3(075.32)

ББК 31.21я723

К84

Авторы:

доцент кафедры электроснабжения и электротехники

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

кандидат технических наук, доцент *А. В. Крутов*;

кандидат технических наук, доцент *Э. Л. Кочетова*;

старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» *Т. Ф. Гузанова*

Рецензенты:

цикловая комиссия ГУО «Минский политехнический колледж» (*Т. С. Шмакова*);

профессор кафедры «Электротехника и электроника» Белорусского национального
технического университета кандидат технических наук, доцент *Н. В. Повахи*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Выпуск издания осуществлен при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.

Крутов, А. В.

К84 Теоретические основы электротехники : учеб. / А. В. Крутов, Э. Л. Кочетова, Т. Ф. Гузанова. – Минск : РИПО, 2025. – 405 с. : ил. ISBN 978-985-898-290-7.

В учебнике приведены основные понятия теории электрических и магнитных линейных и нелинейных цепей и электромагнитного поля. примеры решения задач по всем разделам учебного предмета «Теоретические основы электротехники». Содержит примеры с развернутыми решениями и схемы электрических цепей, векторные диаграммы, графики и таблицы, подробно поясняющие предлагаемый теоретический и практический материал, а также вопросы и задачи для контроля.

Предназначен для учащихся учреждений образования, реализующих образовательные программы среднего специального образования по электротехническим специальностям.

УДК 621.3(075.32)

ББК 31.21я723

ISBN 978-985-895-290-7

© Крутов А. В., Кочетова Э. Л., Гузанова Т. Ф., 2025

© Оформление. Республиканский институт
профессионального образования, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ	5
1.1. Основные сведения об электромагнитном поле	5
1.2. Электростатическое поле. Закон Кулона	5
1.3. Напряженность и потенциал электростатического поля	7
1.4. Электрическое напряжение	9
1.5. Электростатическое поле – поле потенциальное	10
1.6. Графическое изображение электростатического поля	11
1.7. Поляризация диэлектрика. Вектор электрического смещения	13
1.8. Теорема Гаусса	15
1.9. Электрическая прочность диэлектрика	16
1.10. Проводник в электростатическом поле. Электростатическое экранирование	17
1.11. Поле точечного заряда и поле заряженного шара	18
1.12. Поле заряженной оси	19
Вопросы и задачи для самоконтроля	20
2. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И ИХ РАСЧЕТ	22
2.1. Электрическая емкость. Конденсаторы	22
2.2. Поле и электрическая емкость плоского конденсатора	22
2.3. Поле и электрическая емкость цилиндрического конденсатора ...	26
2.4. Энергия и плотность энергии электрического поля	29
2.5. Последовательное соединение конденсаторов	31
2.6. Параллельное и смешанное соединение конденсаторов	32
Вопросы и задачи для самоконтроля	34
3. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	36
3.1. Электрическая цепь	36
3.2. Электродвижущая сила	38
3.3. Электрический ток	38
3.4. Электрическое сопротивление. Закон Ома	41
3.5. Энергия и мощность источника ЭДС	45
3.6. Преобразование электрической энергии в тепловую	46
3.7. Преобразование электрической энергии в световую	47

3.8. Режимы электрических цепей.....	48
3.9. Схемы замещения источников энергии	51
3.10. Схема замещения разветвленной электрической цепи.....	53
Вопросы и задачи для самоконтроля	57
4. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА	59
4.1. Законы Кирхгофа	59
4.2. Неразветвленная электрическая цепь.....	63
4.3. Потенциальная диаграмма неразветвленной цепи.....	65
4.4. Параллельное соединение резистивных элементов	67
4.5. Расчет электрических цепей методом эквивалентных сопротивлений (метод свертывания цепи)	69
4.6. Преобразование соединения треугольником в эквивалентное соединение звездой и обратно.....	72
4.7. Метод уравнений Кирхгофа.....	76
4.8. Метод контурных токов	79
4.9. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС. Метод узловых потенциалов.....	82
4.10. Метод двух узлов	86
4.11. Принцип и метод наложения	90
4.12. Метод эквивалентного генератора	94
Вопросы и задачи для самоконтроля	100
5. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	104
5.1. Механические силы в магнитном поле. Магнитная индукция	104
5.2. Линии магнитной индукции	105
5.3. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость среды.....	107
5.4. Магнитный поток	108
5.5. Закон полного тока. Магнитное поле прямолинейного проводника с током	109
5.6. Сила взаимодействия двух проводов с током в линии электропередачи	110
5.7. Магнитное потокоцепление. Собственная индуктивность	111
5.8. Взаимная индуктивность. Коэффициент связи	112
5.9. Магнитное поле, индуктивность катушки на кольцевом сердечнике и цилиндрической катушки	115
5.10. Намагничивание вещества. Элементы теории ферромагнетизма.....	118
5.11. Характеристики ферромагнитных материалов	120

5.12. Виды ферромагнитных материалов.....	124
Вопросы и задачи для самоконтроля.....	125
6. МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	127
6.1. Основные понятия и разновидности магнитных цепей.....	127
6.2. Законы магнитных цепей	129
6.3. Закон Ома для участка магнитной цепи.....	131
6.4. Вебер-амперная характеристика и ее построение	132
6.5. Расчет неразветвленных магнитных цепей.....	134
6.6. Расчет разветвленных магнитных цепей.....	137
Вопросы и задачи для самоконтроля.....	140
7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	141
7.1. Явление и закон электромагнитной индукции	141
7.2. Правило Ленца	141
7.3. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле. Правило правой руки	143
7.4. Взаимное преобразование механической и электрической энергий	145
7.5. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции	148
7.6. Принцип действия трансформатора	150
7.7. Вихревые токи	151
7.8. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля	153
Вопросы и задачи для самоконтроля.....	154
8. СИНУСОИДАЛЬНЫЕ ЭДС И ТОК	157
8.1. Общие положения о цепях синусоидального тока.....	157
8.2. Величины, характеризующие синусоидальный ток. Генерирование синусоидальной ЭДС	158
8.3. Среднее и действующее значения синусоидального тока, напряжения, ЭДС	162
8.4. Различные способы представления синусоидальных величин	166
Вопросы и задачи для самоконтроля.....	173
9. ЭЛЕМЕНТЫ И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.....	175
9.1. Особенности параметров электрических цепей синусоидального тока.....	175
9.2. Законы Кирхгофа для цепей синусоидального тока	177
9.3. Цепь синусоидального тока с активным сопротивлением	179
9.4. Цепь синусоидального тока с индуктивным элементом	181

9.5. Цепь синусоидального тока с емкостным элементом	184
9.6. Цепь синусоидального тока с реальной катушкой индуктивности.....	188
9.7. Цепь синусоидального напряжения с последовательным соединением активного сопротивления и электрической емкости	195
Вопросы и задачи для самоконтроля	198
10. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.....	200
10.1. Неразветвленная цепь с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью	200
10.2. Основные понятия о резонансе в электрических цепях. Резонанс напряжений	206
10.3. Параллельное соединение элементов в цепи.....	211
10.4. Резонанс токов.....	217
10.5. Коэффициент мощности.....	222
Вопросы и задачи для самоконтроля	226
11. СИМВОЛИЧЕСКИЙ МЕТОД	228
11.1. Основные понятия о символическом методе расчета электрических цепей синусоидального тока	228
11.2. Расчет цепей синусоидального тока со смешанным соединением элементов.....	228
11.3. Расчет сложных цепей синусоидального тока	237
Вопросы и задачи для самоконтроля	239
12. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ С ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТЬЮ.....	240
12.1. Понятие об индуктивно связанных цепях	240
12.2. Взаимоиндуктивное сопротивление.....	242
12.3. Согласное и встречное включение катушек	243
12.4. Расчет электрических цепей с взаимной индуктивностью, последовательное соединение	245
Вопросы и задачи для самоконтроля	250
13. ТРЕХФАЗНЫЕ СИММЕТРИЧНЫЕ ЦЕПИ.....	252
13.1. Трехфазная система ЭДС. Последовательность фаз.....	252
13.2. Несвязанная трехфазная система электрических цепей	255
13.3. Соединение обмоток генератора звездой	256
13.4. Соединение обмоток генератора треугольником	260
13.5. Расчет симметричных трехфазных цепей.....	262
Вопросы и задачи для самоконтроля	268

14. ТРЕХФАЗНЫЕ НЕСИММЕТРИЧНЫЕ ЦЕПИ	271
14.1. Расчет несимметричной трехфазной цепи при соединении источника и приемника звездой	271
14.2. Расчет несимметричной трехфазной цепи при соединении приемников треугольником	277
14.3. Определение мощности в трехфазных электрических цепях	284
14.4. Симметричные составляющие несимметричной трехфазной цепи. Метод симметричных составляющих	287
Вопросы и задачи для самоконтроля	292
15. ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ	293
15.1. Понятие пульсирующего магнитного поля	293
15.2. Вращающееся магнитное поле	294
15.3. Принцип действия асинхронного двигателя	296
Вопросы и задачи для самоконтроля	298
16. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫМИ ЭДС, НАПРЯЖЕНИЯМИ И ТОКАМИ	299
16.1. Причины возникновения несинусоидальности ЭДС, напряжений и токов	299
16.2. Разложение периодической несинусоидальной кривой в тригонометрический ряд Фурье	300
16.3. Расчет мгновенных значений напряжений и токов в электрических цепях при действии периодических несинусоидальных ЭДС	303
16.4. Действующие значения периодических несинусоидальных токов, напряжений и ЭДС	307
16.5. Коэффициенты, характеризующие форму кривых токов и напряжений	308
16.6. Мощность в цепи несинусоидального тока	310
16.7. Четырехполюсники	312
16.8. Электрические фильтры при несинусоидальных токах и напряжениях	323
16.9. Высшие гармоники в трехфазных системах	327
Вопросы и задачи для самоконтроля	331
17. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ	333
17.1. Общие сведения о нелинейных элементах и цепях	333
17.2. Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Вольт-амперные характеристики нелинейных резисторов	334

17.3. Графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока при последовательном, параллельном соединении	337
17.4. Нелинейные цепи переменного тока	343
17.5. Феррорезонанс в электрических цепях	343
17.6. Катушка с ферромагнитным сердечником в цепи переменного тока	351
Вопросы и задачи для самоконтроля	360
18. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ	363
18.1. Причины возникновения переходных процессов. Законы коммутации	363
18.2. Классический метод расчета переходных процессов	365
18.3. Начальные условия	368
18.4. Корни характеристического уравнения. Постоянная времени	369
18.5. Включение цепи с последовательно соединенными резистором и катушкой индуктивности под постоянное напряжение	370
18.6. Отключение катушки индуктивности от источника постоянного напряжения	372
18.7. Включение катушки индуктивности под синусоидальное напряжение	374
18.8. Переходный процесс в цепи постоянного тока с последовательно соединенными резистором и конденсатором. Заряд и разряд конденсатора	377
18.9. Операторный метод расчета переходных процессов	379
18.10. Численные методы анализа электрических цепей	390
Вопросы и задачи для самоконтроля	391
ЛИТЕРАТУРА.....	393
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	394

Учебное издание

Крутов Анатолий Викторович,
Кочетова Эмма Леонидовна,
Гузанова Татьяна Федоровна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебник

Редактор *Л.В. Рутковская*
Компьютерная верстка, дизайн обложки *С.Л. Прокотцова*
Корректор *Е.В. Потапейко*

Подписано в печать 20.03.25. Формат 60×84/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 23,79. Уч.-изд. л. 17,08. Тираж 1200 экз. Заказ 1082.

Республиканский институт профессионального образования.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/245 от 27.03.2014.
Ул. К. Либкнехта, 32, 220004. Минск. Тел.: 374 41 00, 272 43 88.

Отпечатано в Республиканском институте
профессионального образования. Тел. 373 69 45.