

Тиличенко, М. П. Электротехника и электроника : учебно-методическое пособие / М. П. Тиличенко, А. В. Козлов ; М-во образ. Респ. Беларусь, УО «Гомельский гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого», Каф. «Теорет. основы электротехн.». — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. — 437 с. : ил. — Библиогр. : с. 436-437.

УДК [621.3 + 621.383](075.8)

ББК 31

Аб. №1 — 20 экз.

СБО — 1 экз.

Ч/З №1 — 3 экз.

Первая часть книги посвящена линейным и нелинейным цепям постоянного тока, однофазного синусоидального и несинусоидального периодического тока, трехфазного тока, анализу переходных процессов в простейших электрических цепях, электрическим измерениям. Изложены сведения по трансформаторам, электрическим машинам и электрическим аппаратам управления, защиты и контроля режимов работы электрических цепей и установок. Во второй части рассмотрена элементная база электронных устройств. Дано описание назначения, устройства и принципа работы аналоговых и цифровых электронных устройств.

Для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика».

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого»

Кафедра «Теоретические основы электротехники»

М. П. Тиличенко, А. В. Козлов

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Учебно-методическое пособие

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области энергетики и энергетического
оборудования в качестве учебно-методического пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»*

Гомель 2016

Оглавление

Предисловие.....	11
Часть 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	19
Введение.....	19
Глава 1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	21
1.1. Электрическая цепь и ее элементы	21
1.2. Схема замещения электрической цепи	23
1.3. Классификация электрических цепей	24
1.4. Топологические понятия в теории электрических цепей	25
1.5. Физические величины, характеризующие процессы в электрических цепях	26
1.6. Пассивные элементы электрической цепи и их свойства.....	28
1.7. Источники электрической энергии и их свойства	31
Глава 2. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	32
2.1. Области использования электрической энергии постоянного тока	32
2.2. Энергия и мощность в электрических цепях постоянного тока. Баланс мощности.....	32
2.3. Мощность потерь и КПД электрической цепи постоянного тока	33
2.4. Режимы работы источников электрической энергии постоянного тока	34
2.5. Закон Ома и законы Кирхгофа для электрической цепи постоянного тока	37
2.6. Эквивалентные преобразования пассивных участков электрической цепи.....	40
2.7. Расчет электрической цепи постоянного тока с одним источником ЭДС (метод эквивалентных преобразований)	45
2.8. Расчет сложных электрических цепей с несколькими источниками ЭДС.....	46
2.9. Распределение потенциалов в электрической цепи. Потенциальная диаграмма	53
2.10. Свойства и применение мостовых цепей, потенциометров и делителей напряжения.....	55
Глава 3. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	60
3.1. Параметры и характеристики нелинейных элементов электрической цепи постоянного тока.....	61
3.2. Графоаналитические методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока	64

Глава 4. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.....	68
4.1. Получение синусоидальной ЭДС. Параметры, характеризующие ЭДС, напряжения и токи	68
4.2. Представление синусоидальных функций в различных формах	73
4.3. Идеальные элементы схемы замещения электрической цепи <i>синусоидального тока и их условные обозначения</i>	77
4.4. Закон Ома и законы Кирхгофа для цепей синусоидального тока.....	78
4.5. Электрическая цепь синусоидального тока с резистивным элементом	80
4.6. Электрическая цепь синусоидального тока с индуктивным элементом	82
4.7. Электрическая цепь синусоидального тока с емкостным элементом	83
4.8. Электрическая цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, C -элементов.....	84
4.9. Электрическая цепь синусоидального тока при параллельном соединении элементов	90
4.10. Мощность в цепи синусоидального тока.....	98
4.11. Расчет линейных цепей однофазного синусоидального тока в символической форме	104
4.12. Векторно-топографическая диаграмма напряжений.....	109
Глава 5. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	111
5.1. Общие понятия и определения	111
5.2. Разложение периодических функций в ряд Фурье.....	113
5.3. Представление несинусоидальных ЭДС, напряжений и токов рядами Фурье.....	114
5.4. Основные характеристики несинусоидальных периодических токов, напряжений и ЭДС	115
5.5. Расчет линейных электрических цепей при несинусоидальном токе.....	117
Глава 6. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ....	119
6.1. Общие понятия и определения	119
6.2. Законы коммутации. Начальные условия.....	120
6.3. Классический метод расчета переходных процессов.....	121
6.4. Переходные процессы в цепи с конденсатором и резистором.....	123
6.5. Дифференцирующие и интегрирующие цепи.....	126
Глава 7. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.....	129
7.1. Предпосылки возникновения и причины широкого применения трехфазных электрических цепей в современной электроэнергетике	129

7.2. Элементы трехфазной электрической цепи. Обозначение фаз. Порядок чередования фаз. Способы соединения обмоток трехфазного генератора. Фазные и линейные напряжения	130
7.3. Способы представления трехфазной системы ЭДС	132
7.4. Классификация и способы включения приемников в трехфазную цепь.....	133
7.5. Схемы соединения трехфазных цепей. Условно-положительные направления электрических величин	135
7.6. Векторные диаграммы. Соотношения между линейными и фазными напряжениями	137
7.7. Режимы работы трехфазной цепи	140
7.8. Расчет трехфазных цепей	141
7.9. Мощность в трехфазной цепи.....	143
7.10. Техника безопасности при эксплуатации трехфазных установок	145
ГЛАВА 8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ	147
8.1. Преимущества электрических методов измерения	147
8.2. Основные понятия и определения	147
8.3. Метрологические характеристики средств измерения. Классификация погрешностей измерений.....	149
8.4. Систематические погрешности измерительных приборов.....	151
8.5. Классификация измерительных приборов	152
8.6. Измерительные механизмы аналоговых приборов	154
8.7. Условные обозначения на лицевых панелях приборов и выбор приборов для измерений.....	156
8.8. Измерение силы тока	157
8.9. Измерение напряжения.....	159
8.10. Измерение сопротивления.....	160
8.11. Измерение индуктивности и емкости	163
8.12. Измерение электрической мощности и энергии	165
8.12.1. Измерение мощности в цепях постоянного тока	165
8.12.2. Измерение мощности в однофазных цепях переменного тока.....	166
8.12.3. Измерение мощности в трехфазных цепях	166
8.12.4. Измерение электрической энергии	168
8.13. Измерение неэлектрических величин электроизмерительными приборами.....	169
ГЛАВА 9. ТРАНСФОРМАТОРЫ	172
9.1. Назначение, устройство, конструктивные разновидности силовых трансформаторов, их условное обозначение на схемах и маркировка.....	172
9.2. Режимы работа и основные параметры трансформатора. Понятие идеального трансформатора	175

9.3. Паспортные данные трансформатора. Определение параметров трансформатора в опытах холостого хода и короткого замыкания.	
Рабочие характеристики трансформатора	181
9.4. Потери энергии и КПД трансформатора. Внешняя характеристика трансформатора	184
9.5. Назначение, устройство, схемы соединения обмоток и группы соединения трехфазных трансформаторов.....	187
9.6. Устройство, принцип работы и применение автотрансформаторов.....	189
ГЛАВА 10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ.....	191
10.1. Классификация электрических машин. Свойство обратимости. Физические явления в электрических машинах. Преобразование энергии в генераторе и в двигателе	191
10.2. Асинхронные электрические машины	193
10.2.1. Назначение, устройство, конструктивные разновидности трехфазных асинхронных двигателей, их маркировка и обозначение выводов обмоток	193
10.2.2. Принцип работы трехфазного асинхронного двигателя. Формирование двухполюсного вращающегося магнитного поля статора. Частота вращения ротора.....	196
10.2.3. Работа трехфазного асинхронного двигателя под нагрузкой. Скольжение, номинальные параметры и рабочие характеристики	199
10.2.4. Схемы включения трехфазного асинхронного двигателя в электрическую сеть. Способы пуска, торможения и реверсирования. Регулирование частоты вращения ротора	204
10.2.5. Однофазные асинхронные двигатели	207
10.3. Синхронные электрические машины переменного тока	209
10.3.1. Устройство, принцип работы и применение синхронных машин	209
10.3.2. Работа синхронной машины в режиме двигателя.....	212
10.3.3. Векторная диаграмма и угловая характеристика синхронного двигателя	214
10.3.4. Регулирование коэффициента мощности синхронного двигателя, U -образная характеристика	216
10.3.5. Синхронные машины малой мощности.....	218
10.3.6. Номинальные параметры, рабочие характеристики синхронных машин и обозначение выводов.....	220
10.4. Электрические машины постоянного тока.....	223
10.4.1. Назначение, устройство, классификация и маркировка машин постоянного тока. Обозначение выводов.....	223
10.4.2. Работа машин постоянного тока в режиме двигателя	226
10.4.3. Работа машин постоянного тока в режиме генератора.....	234

11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ	241
11.1. Классификация электрических аппаратов	241
11.2. Коммутационные электрические аппараты ручного управления	242
11.3. Коммутационные электрические аппараты дистанционного управления	246
11.3.1. Электромагнитные реле	246
11.3.2. Электромагнитные контакторы	248
11.3.3. Электромагнитные пускатели	259
11.4. Электрические аппараты защиты электрических цепей	251
11.4.1. Плавкие предохранители	251
11.4.2. Тепловые реле	253
11.4.3. Автоматические выключатели	254
11.5. Контролирующие электрические аппараты	256
11.6. Условные графические обозначения электрических машин, аппаратов и их элементов	258
Часть 2. ЭЛЕКТРОНИКА	260
Введение	260
Глава 1. ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	262
1.1. Резисторы	262
1.2. Конденсаторы	264
1.3. Полупроводниковые элементы	267
1.3.1. Диоды	267
1.3.2. Транзисторы	271
1.3.3. Силовые полупроводниковые элементы	275
1.3.4. Полупроводниковые оптоэлектронные элементы	278
1.4. Элементы электронных устройств в интегральном исполнении	281
1.4.1. Классификация интегральных микросхем	281
1.4.2. Система обозначений интегральных микросхем	282
1.4.3. Условные графические обозначения интегральных микросхем	283
Глава 2. УСТРОЙСТВА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДАХ И БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ	286
2.1. Диодные ключи	286
2.2. Транзисторные ключи	288
2.3. Ограничители амплитуды	289
2.4. Формирователи коротких импульсов	292
Глава 3. УСИЛИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	294
3.1. Параметры и характеристики усилителей	294
3.2. Обратные связи в усилителях	296
3.3. Однокаскадный усилитель на биполярных транзисторах	298
3.4. Операционные усилители	300
3.5. Неинвертирующий усилитель	304
3.6. Инвертирующий усилитель	306

3.7. Суммирующий усилитель	308
3.8. Вычитающий усилитель	309
3.9. Интегрирующий усилитель	311
3.10. Дифференцирующий усилитель	313
3.11. Усилители мощности	314
Глава 4. ГЕНЕРАТОРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ.....	316
4.1. Условия самовозбуждения генераторов	316
4.2. Свойства частотно-избирательных цепей положительной обратной связи	318
4.3. Генератор гармонических колебаний <i>RC</i> -типа на основе интегрального операционного усилителя.....	320
4.4. Преобразователи и генераторы импульсных сигналов	322
4.4.1. Аналоговые компараторы	323
4.4.2. Триггеры Шмитта.....	325
4.5. Симметричный мультивибратор на основе микросхемы интегрального операционного усилителя.....	326
4.6. Несимметричный мультивибратор на интегральном операционном усилителе.....	328
4.7. Генератор одиночных прямоугольных импульсов (ждуший мультивибратор) на интегральном операционном усилителе ...	329
4.8. Генераторы линейно-изменяющегося напряжения	331
4.8.1. Генераторы линейно-изменяющегося напряжения с внешним управлением	332
4.8.2. Генераторы линейно-изменяющегося напряжения в автогенераторном режиме	333
4.8.3. Генератор линейно-изменяющегося напряжения – преобразователь напряжения в частоту импульсов.....	337
Глава 5. ЧАСТОТНЫЕ ФИЛЬТРЫ	344
5.1. Классификация, параметры и характеристики частотных фильтров, области применения	344
5.2. Пассивные частотные фильтры	345
5.2.1. Фильтры нижних частот.....	345
5.2.2. Фильтры верхних частот	347
5.2.3. Полосовые частотные фильтры.....	348
5.2.4. Заграждающие частотные фильтры.....	349
5.3. Активные частотные фильтры	351
5.3.1. Активные фильтры нижних частот	351
5.3.2. Активные фильтры верхних частот.....	353
5.3.3. Полосовые активные частотные фильтры	354
5.3.4. Заграждающие активные частотные фильтры.....	355
Глава 6. ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ	358
6.1. Структурные схемы, параметры и характеристики источника питания	358

6.2. Принцип работы, параметры и характеристики полупроводниковых выпрямителей	360
6.2.1. Однофазный однополупериодный выпрямитель.....	361
6.2.2. Однофазный двухполупериодный выпрямитель со средним выводом трансформатора	362
6.2.3. Однофазный двухполупериодный мостовой выпрямитель	363
6.2.4. Трехфазный выпрямитель с нулевым выводом	364
6.2.5. Трехфазный мостовой выпрямитель (схема Ларионова).....	365
6.2.5. Управляемый однофазный выпрямитель	367
6.3. Сглаживающие фильтры	369
6.4. Стабилизаторы напряжения	371
Глава 7. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА...	377
7.1. Введение.....	377
7.2. Логические элементы.....	377
7.2.1. Конъюнктор (элемент И).....	379
7.2.2. Дизъюнктор (элемент ИЛИ).....	381
7.2.3. Принцип двойственности.....	382
7.2.4. Инвертор (элемент НЕ)	383
7.2.5. Элемент Шеффера (элемент И-НЕ).....	384
7.2.6. Элемент Пирса (элемент ИЛИ-НЕ)	385
7.3. Цифровые устройства комбинационного типа (КЦУ)	387
7.3.1. Основы алгебры Буля.....	388
7.3.2. Способы представления (задания) булевых функций	388
7.3.3. Переход от структурной формулы к логической схеме и обратный переход.....	391
7.3.4. Минимизация булевых функций	392
7.3.5. Преобразователи кодов	393
7.3.6. Коммутаторы цифровых сигналов	400
7.4. Цифровые устройства последовательностного типа (ПЦУ)	403
7.4.1. Триггеры	403
7.4.2. Счетчики импульсов	412
7.4.3. Регистры.....	416
Глава 8. ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ВЗАИМНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ И АНАЛОГОВЫХ ВЕЛИЧИН	421
8.1. Общие сведения.....	421
8.2. Цифро-аналоговые преобразователи	421
8.2.1. Назначение, классификация, методы построения, условное обозначение.....	421
8.2.2. Схематические разновидности активных цифро-аналоговых преобразователей и принцип их работы	424
8.2.3. Основные параметры и характеристики цифро-аналоговых преобразователей.....	428

8.3. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП).....	429
8.3.1. Назначение, классификация аналого-цифровых преобразователей.....	429
8.3.2. Методы преобразования.....	430
8.3.3. Схематическое построение аналого-цифровых преобразователей последовательного уравнивания	432
8.3.4. Микросхемы АЦП.....	434
Литература	436