



**Белов Н. В., Волков Ю. С.**  
**Электротехника и основы электроники:**  
**Учебное пособие. 1-е изд.**

**ISBN 978-5-8114-1225-9**

**Год выпуска 2012**

**Тираж 1500 экз.**

**Формат 16,5 × 23,5 см**

**Переплет: твердый**

**Страниц 432**

**Цена 1 010,02 руб.**

Пособие предназначено для студентов неэлектротехнических направлений и профилей политехнических вузов всех форм обучения — дневной, вечерней и заочной, изучающих дисциплины «Электротехника и электроника», «Общая электротехника и электроника».

Большое внимание уделено практическому применению электротехнических и электронных устройств: назначению, принципу действия, техническим возможностям, особенностям эксплуатации. Даны примеры расчета величин, состояния цепей и типовых режимов электрических машин и трансформаторов, выбора двигателя и токоподвода. Каждая глава завершается материалами для закрепления прочитанного и самопроверки усвоения. Пособие содержит словарь основных понятий и терминов, перечень условных обозначений, обширный иллюстративный материал.

### Рецензенты:

*М. А. Ермилов* — профессор кафедры теоретических основ электротехники Московского государственного открытого университета;

*В. Е. Шатерников* — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и электроники Московского государственного университета приборостроения и информатики.

### Предисловие

Бакалавры, специалисты и магистры неэлектротехнических направлений работают с электротехническими и электронными устройствами, которые применены в разнообразных отраслях промышленности. Не зная основ электротехники и электроники, нельзя решать технологические задачи, обеспечить высокое качество продукции, эффективность процесса ее производства и безопасность. В пособии изложен теоретический материал, необходимый для электротехнической подготовки студентов неэлектротехнических направлений. Даны многочисленные примеры использования устройств, по которым можно судить о возможностях современной электротехники и электроники в любой отрасли.

Пособие состоит из трех частей: I — Электрические и магнитные цепи, II — Основы электроники, III — Электрические машины и аппараты, электропривод и электроснабжение. Главы 9, 10 и приложение написаны Волковым Ю. С. Остальные главы написаны совместно авторами. Для каждой части приведены условные графические и буквенные обозначения. Глава завершается материалами для закрепления и самопроверки. В конце пособия даны список литературы и перечень основных понятий и терминов, в основном тексте выделенных жирным курсивом.

В результате изучения этой дисциплины студент должен: знать основные понятия, законы, принципы действия, назначение и области применения типовых устройств; приобрести навыки чтения простейших электрических схем; научиться проводить оценки типовых режимов работы установок, принимать решения по практическому применению устройств и технически грамотно ставить задачи специалистам по электротехнике и электронике.

Авторы выражают глубокую признательность проф. Щедрину О. П. за помощь и ценные советы.

# Оглавление

[Предисловие ..... 5](#)

[Введение ..... 6](#)

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ

### [Глава 1. Электрические цепи постоянного тока ..... 10](#)

- 1.1. Величины, характеризующие электрическое состояние цепи. Схемы замещения ..... 10
- 1.2. Материалы и среды, применяемые в электрических цепях и устройствах ..... 14
- 1.3. Режимы электрической цепи ..... 15
- 1.4. Линейные резистивные элементы ..... 16
- 1.5. Анализ линейной цепи с одним источником ЭДС. Законы Кирхгофа ..... 17
- 1.6. Анализ разветвленных линейных цепей с несколькими источниками ЭДС при помощи непосредственного применения законов Кирхгофа ..... 22
- 1.7. Анализ разветвленных цепей с несколькими источниками ЭДС методами контурных токов и узлового напряжения ..... 24
- 1.8. Расчет цепей методом эквивалентного генератора ..... 26
- 1.9. Баланс мощностей ..... 27
- 1.10. Понятие об анализе нелинейных цепей ..... 28
- 1.11. Емкостные элементы в цепи постоянного тока ..... 30
- 1.12. Назначение и применение устройств постоянного тока ..... 32
- 1.13. Резюме ..... 35
- 1.14. Материалы для самопроверки ..... 37

### [Глава 2. Магнитные цепи и электромагнитные явления ..... 40](#)

- 2.1. Основные сведения о магнитном поле и ферромагнитных материалах ..... 40
- 2.2. Назначение магнитной цепи. Применение закона полного тока для анализа магнитной цепи ..... 43
- 2.3. Прямая и обратная задачи расчета магнитной цепи ..... 44
- 2.4. Индукционное действие магнитного поля ..... 48
- 2.5. Явления самоиндукции и взаимной индукции ..... 49
- 2.6. Линейные катушки индуктивности при переменном токе ..... 51
- 2.7. Силовое действие магнитного поля ..... 52
- 2.8. Применение электромагнитных устройств ..... 55
- 2.9. Резюме ..... 57
- 2.10. Материалы для самопроверки ..... 58

### [Глава 3. Однофазные цепи переменного тока ..... 61](#)

- 3.1. Особенности и области применения цепей переменного тока ..... 61
- 3.2. Основные параметры синусоидальной величины. Получение синусоидальной ЭДС ..... 62
- 3.3. Представление синусоидальных величин векторами. Законы Кирхгофа для цепей переменного тока ..... 63
- 3.4. Идеальные линейные элементы цепей переменного тока ..... 66
- 3.5. Неразветвленная линейная цепь переменного тока ..... 69
- 3.6. Мощности однофазной цепи переменного тока ..... 71
- 3.7. Анализ линейных неразветвленных цепей переменного тока ..... 72
- 3.8. Анализ цепи переменного тока с параллельными ветвями ..... 74
- 3.9. Резонансы в линейных электрических цепях переменного тока ..... 75
- 3.10. Понятие о комплексном методе анализа цепей переменного тока ..... 76
- 3.11. Применение устройств однофазного тока ..... 78
- 3.12. Резюме ..... 80
- 3.13. Материалы для самопроверки ..... 81

### [Глава 4. Трехфазные цепи ..... 85](#)

- 4.1. Устройство и области применения трехфазных цепей ..... 85
- 4.2. Основные понятия, связанные с трехфазными цепями ..... 87
- 4.3. Соединение симметричной трехфазной нагрузки в «звезду» ..... 88
- 4.4. «Звезда» при несимметричной нагрузке. Назначение нейтрального провода ..... 90
- 4.5. Соединение трехфазной нагрузки по схеме «треугольник» ..... 91
- 4.6. Мощности трехфазной цепи ..... 93
- 4.7. Техничко-экономическое значение коэффициента мощности и способы его повышения ..... 94
- 4.8. Применение трехфазных цепей ..... 96
- 4.9. Резюме ..... 97
- 4.10. Материалы для самопроверки ..... 97

### [Глава 5. Несинусоидальные токи. Переходные процессы в линейных электрических цепях ..... 102](#)

- 5.1. Представление периодического несинусоидального напряжения рядом Фурье ..... 102
- 5.2. Анализ линейных цепей при периодическом несинусоидальном напряжении ..... 103
- 5.3. Электрические фильтры ..... 105
- 5.4. Понятие о переходном процессе. Виды переходных процессов ..... 107
- 5.5. Принципы анализа переходных процессов в линейных цепях ..... 108
- 5.6. Включение катушки индуктивности на постоянное напряжение ..... 109
- 5.7. Зарядка конденсатора от источника постоянного тока. Разрядка конденсатора на резистор ..... 111

5.8. Включение катушки индуктивности на переменное напряжение .....	113
5.9. Резюме .....	114
5.10. Материалы для самопроверки .....	116

#### Глава 6. Электрические измерения и приборы ..... 118

Условные обозначения .....	118
6.1. Общие сведения об электрических измерениях .....	119
6.2. Классы точности аналоговых показывающих приборов .....	122
6.3. Особенности аналоговых амперметров, вольтметров, ваттметров .....	123
6.4. Основные системы аналоговых показывающих приборов .....	125
6.5. Расширение пределов измерений в цепях постоянного тока .....	128
6.6. Измерение активной мощности в трехфазных цепях .....	130
6.7. Мостовые методы измерения .....	131
6.8. Понятие об измерении неэлектрических величин электрическими методами .....	132
6.9. Резюме .....	133
6.10. Материалы для самопроверки .....	135

### **ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ**

#### Глава 7. Электронные приборы ..... 140

7.1. Классификация и назначение электронных устройств и приборов .....	140
7.2. Полупроводниковые резисторы .....	143
7.3. Полупроводниковые диоды .....	145
7.4. Тиристоры .....	149
7.5. Биполярные транзисторы .....	150
7.6. Полевые транзисторы .....	153
7.7. Интегральные микросхемы .....	156
7.8. Электровакуумные приборы .....	158
7.9. Опто- и фотоэлектронные приборы .....	160
7.10. Применение фото- и оптоэлектронных приборов .....	163
7.11. Резюме .....	169
7.12. Материалы для самопроверки .....	171

#### Глава 8. Преобразователи электрической энергии ..... 175

8.1. Назначение преобразователей .....	175
8.2. Неуправляемый однофазный однополупериодный выпрямитель .....	177
8.3. Неуправляемый однофазный мостовой выпрямитель .....	178
8.4. Неуправляемый выпрямитель с выводом средней точки трансформатора .....	180
8.5. Неуправляемый трехфазный мостовой выпрямитель .....	180
8.6. Управляемые выпрямители .....	182
8.7. Фильтры в электронных устройствах .....	184
8.8. Стабилизаторы постоянного напряжения .....	187
8.9. Регуляторы переменного напряжения, инверторы и преобразователи частоты .....	189
8.10. Бестрансформаторные преобразователи .....	193
8.11. Применение диодных групп для измерений в цепях переменного тока .....	194
8.12. Резюме .....	196
8.13. Материалы для самопроверки .....	197

#### Глава 9. Электронные усилители и генераторы ..... 200

9.1. Классификация, показатели и характеристики усилителей .....	200
9.2. Усилитель переменного напряжения .....	201
9.3. Характеристики усилителя напряжения .....	205
9.4. Усилитель постоянного тока и операционные усилители .....	207
9.5. Усилители мощности .....	210
9.6. Генератор гармонических колебаний .....	212
9.7. Резюме .....	215
9.8. Материалы для самопроверки .....	216

#### Глава 10. Импульсные и цифровые устройства ..... 219

Условные обозначения .....	219
10.1. Применение импульсных устройств .....	220
10.2. Формирующие устройства .....	221
10.3. Логические элементы .....	223
10.4. Триггеры .....	226
10.5. Генерирующие устройства .....	229
10.6. Микропроцессоры .....	231
10.7. Аналогоцифровой и цифроаналоговый преобразователи .....	233
10.8. Электронные измерительные приборы .....	237
10.9. Резюме .....	240
10.10. Материалы для самопроверки .....	241

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ. ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

### Глава 11. Общие сведения об электрооборудовании ..... 246

- 11.1. Электрификация производства ..... 246
- 11.2. Законы электромагнетизма — основа принципа действия электрических машин и трансформаторов ..... 247
- 11.3. Особенности машин и аппаратов ..... 248
- 11.4. Выбор и эксплуатация электрических устройств ..... 250
- 11.5. Резюме ..... 252
- 11.6. Материалы для самопроверки ..... 253

### Глава 12. Трансформаторы ..... 256

- 12.1. Назначение и области применения трансформаторов ..... 256
- 12.2. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора ..... 257
- 12.3. Опыты холостого хода и короткого замыкания ..... 260
- 12.4. КПД трансформатора ..... 262
- 12.5. Изменение вторичного напряжения ..... 263
- 12.6. Трехфазные силовые трансформаторы ..... 265
- 12.7. Конструктивное исполнение и применение трансформаторов ..... 269
- 12.8. Автотрансформатор. Измерительные трансформаторы ..... 271
- 12.9. Резюме ..... 274
- 12.10. Материалы для самопроверки ..... 275

### Глава 13. Асинхронные двигатели ..... 279

- 13.1. Устройство трехфазного асинхронного двигателя ..... 279
- 13.2. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя ..... 281
- 13.3. Влияние скольжения на работу двигателя ..... 284
- 13.4. Механическая характеристика двигателя с короткозамкнутым ротором ..... 285
- 13.5. Показатели и рабочие характеристики двигателя с короткозамкнутым ротором ..... 288
- 13.6. Пуск двигателя ..... 289
- 13.7. Регулирование частоты вращения и торможение ..... 292
- 13.8. Паспортные данные и расчет основных величин ..... 294
- 13.9. Применение трехфазных асинхронных двигателей ..... 295
- 13.10. Линейный, однофазный и двухфазный асинхронные двигатели ..... 297
- 13.11. Резюме ..... 300
- 13.12. Материалы для самопроверки ..... 302

### Глава 14. Синхронные машины ..... 305

- 14.1. Области применения и устройство синхронных машин ..... 305
- 14.2. Особенности работы синхронной машины ..... 307
- 14.3. Работа генератора на автономную нагрузку ..... 308
- 14.4. Работа синхронного генератора параллельно с сетью ..... 311
- 14.5. Работа синхронной машины в режиме двигателя ..... 313
- 14.6. Применение синхронных двигателей. Синхронный компенсатор ..... 316
- 14.7. Разновидности синхронных двигателей ..... 318
- 14.8. Резюме ..... 321
- 14.9. Материалы для самопроверки ..... 322

### Глава 15. Машины постоянного тока ..... 326

- 15.1. Устройство и принцип действия ..... 326
- 15.2. Реакция якоря ..... 328
- 15.3. Основные зависимости для машин постоянного тока ..... 330
- 15.4. Способы возбуждения машин ..... 331
- 15.5. Машина постоянного тока в режиме генератора ..... 332
- 15.6. Общие особенности двигателей постоянного тока ..... 334
- 15.7. Пуск двигателей ..... 336
- 15.8. Характеристики двигателей ..... 337
- 15.9. Регулирование частоты вращения и торможение ..... 339
- 15.10. Паспортные данные. Расчет основных показателей ..... 340
- 15.11. Области применения двигателей постоянного тока ..... 342
- 15.12. Исполнительные двигатели постоянного тока ..... 343
- 15.13. Резюме ..... 344
- 15.14. Материалы для самопроверки ..... 346

### Глава 16. Электропривод и электроснабжение ..... 349

- Условные обозначения ..... 349
- 16.1. Состав и классификация электроприводов ..... 350
- 16.2. Режимы работы электропривода ..... 351
- 16.3. Выбор типа и исполнения двигателя ..... 353
- 16.4. Выбор двигателя по мощности ..... 354
- 16.5. Аппаратура коммутации и управления ..... 357
- 16.6. Аппараты защиты ..... 362
- 16.7. Схемы управления электроприводами ..... 364

16.8. Общие вопросы электроснабжения .....	365
16.9. Особенности внутрицехового электроснабжения .....	370
16.10. Определение расчетного тока участка .....	372
16.11. Выбор сечения токоподвода .....	373
16.12. Примеры выбора сечений токоподводов .....	376
16.13. Эксплуатация электроустановок .....	377
16.14. Электробезопасность .....	380
16.15. Резюме .....	382
16.16. Материалы для самопроверки .....	384

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

#### Электромагнитное поле ..... 388

П.1. Общие сведения о полях .....	388
П.2. Электростатическое поле в вакууме .....	389
П.3. Электростатическое поле в диэлектрике .....	391
П.4. Примеры электростатических полей .....	392
П.5. Электрическое поле в электропроводной среде .....	394
П.6. Применение устройств с электрическим полем .....	395
П.7. Магнитное поле постоянного тока .....	396
П.8. Определение и применение постоянного магнитного поля .....	398
П.9. Переменные электрическое и магнитное поля .....	401
П.10. Электромагнитное поле .....	404
П.11. Техническое применение электромагнитных полей .....	406
П.12. Резюме .....	407
П.13. Материалы для самопроверки .....	409

#### Основные понятия и термины ..... 411

#### Литература ..... 425