

Высшее образование

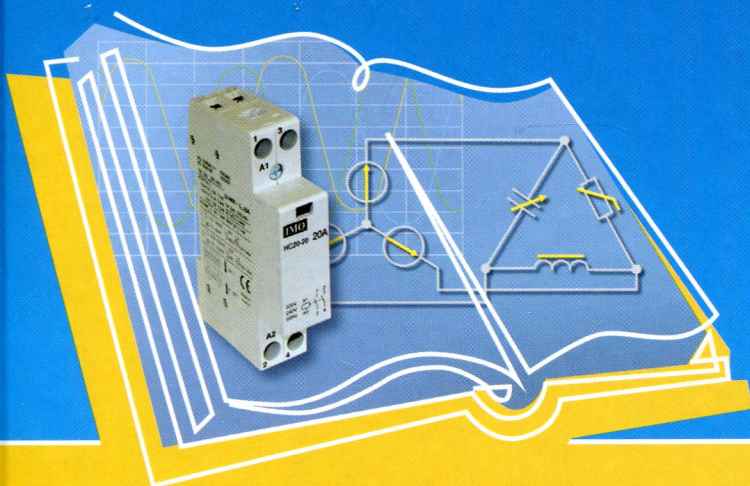
Учебник

М. В. Немцов

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В двух книгах

Книга 1



БАКАЛАВРИАТ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ACADEMA

**М. В. НЕМЦОВ**

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

**Учебник**

**В двух книгах**

**Книга 1**

*Допущено  
Научно-методическим советом  
Министерства образования и науки РФ  
по электротехнике и электронике  
в качестве учебника для студентов учреждений  
высшего профессионального образования*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2014

УДК 621.3(075.8)  
ББК 31.2я73  
Н507

**Рецензенты:**

д-р техн. наук, профессор кафедры «Электротехника и промышленная электроника» ФГБОУ ВПО Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана *В. А. Соловьев*;

д-р техн. наук, профессор кафедры «Электротехника, электроника и автоматика» ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» *В. А. Кузовкин*

**Немцов М. В.**

Н507 Электротехника : учебник для студ. учреждений высш. образования : В 2 кн. Кн. 1 / М. В. Немцов. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 240 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-4468-0355-2

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Электротехника» (квалификация «бакалавр»).

Учебник состоит из двух книг. В книге 1 изложены основы теории электрических и магнитных цепей. Дано описание устройств и рабочих свойств трансформаторов. В книге 2 приведены положения основ промышленной электроники, электрических измерений; рассмотрены устройство и принцип работы электрических машин; представлены сведения об электроприводе.

Для студентов учреждений высшего образования.  
Издательство «Академия»  
Издательское учреждение науки

УДК 621.3(075.8)  
ББК 31.2я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым  
способом без согласия правообладателя запрещается*

© Немцов М. В., 2014

ISBN 978-5-4468-0355-2 (кн. 1) © Образовательно-издательский центр «Академия», 2014  
ISBN 978-5-4468-0537-2 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2014

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие.....	3
<b>Глава 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.....</b>	<b>4</b>
1.1. Электротехнические устройства постоянного тока.....	4
1.2. Элементы электрической цепи постоянного тока.....	5
1.3. Положительные направления токов и напряжений.....	7
1.4. Резистор и резистивный элемент. Закон Ома.....	9
1.5. Источники электрической энергии постоянного тока. Электродвижущая сила.....	11
1.6. Источник ЭДС и источник тока.....	13
1.7. Первый и второй законы Кирхгофа. Обобщенный закон Ома.....	16
1.8. Применение закона Ома и законов Кирхгофа для расчетов электрических цепей.....	18
1.9. Метод эквивалентного преобразования схем.....	23
1.10. Метод узловых потенциалов.....	27
1.11. Метод контурных токов.....	30
1.12. Принцип и метод наложения (суперпозиции).....	33
1.13. Принцип компенсации.....	35
1.14. Метод эквивалентного источника (активного двухполюсника).....	36
1.15. Работа и мощность в электрической цепи постоянного тока. Энергетический баланс.....	39
1.16. Условие передачи приемнику максимальной энергии.....	41
<b>Глава 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.....</b>	<b>43</b>
2.1. Общие сведения.....	43
2.2. Элементы электрической цепи синусоидального тока.....	44
2.3. Катушка индуктивности и индуктивный элемент.....	44
2.4. Конденсатор и емкостный элемент.....	48
2.5. Источники электрической энергии синусоидального тока.....	51
2.6. Максимальное, среднее и действующее значения синусоидальных величин.....	53
2.7. Способы представления синусоидальных величин.....	54
2.8. Закон Ома в комплексной форме для резистивного, индуктивного и емкостного элементов.....	58
2.9. Первый и второй законы Кирхгофа в комплексной форме.....	63
2.10. Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока.....	66

2.11. Электрическая цепь с последовательным соединением элементов. Треугольник сопротивлений.....	69
2.12. Активное, реактивное, комплексное и полное сопротивления пассивного двухполюсника. Треугольник напряжений.....	74
2.13. Энергетические процессы в резистивном, индуктивном и емкостном элементах.....	75
2.14. Мгновенная, активная, реактивная, комплексная и полная мощности пассивного двухполюсника.....	79
2.15. Электрическая цепь с параллельным соединением ветвей. Треугольник проводимостей.....	83
2.16. Активная, реактивная, комплексная и полная проводимости пассивного двухполюсника. Треугольник токов.....	86
2.17. Эквивалентное преобразование схем последовательного соединения элементов в параллельное.....	88
2.18. Электрическая цепь со смешанным соединением ветвей.....	89
2.19. Энергетический баланс в электрической цепи синусоидального тока.....	90
2.20. Способы повышения коэффициента мощности.....	92
2.21. Резонансные явления в электрических цепях синусоидального тока.....	93
2.22. Электрическая цепь с индуктивно связанными элементами.....	99
2.23. Потенциальная диаграмма электрической цепи.....	102
2.24. Круговые диаграммы. Фазосдвигающие электрические цепи.....	104
2.25. Пассивные четырех- и трехполюсники.....	105

### **Глава 3. Трехфазные электрические цепи..... 108**

3.1. Общие сведения.....	108
3.2. Соединение фаз источника энергии и приемника звездой.....	109
3.3. Соединение фаз источника энергии и приемника треугольником.....	114
3.4. Активная, реактивная, комплексная и полная мощности трехфазной симметричной системы.....	116
3.5. Сравнение условий работы трехфазного симметричного приемника при соединениях его фаз треугольником и звездой.....	117
3.6. Трехфазная электрическая цепь с несколькими симметричными приемниками.....	118
3.7. Основы безопасной эксплуатации трехфазных электрических цепей.....	120

### **Глава 4. Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях..... 122**

4.1. Общие сведения.....	122
4.2. Расчет электрической цепи периодического несинусоидального тока.....	122
4.3. Действующие значения периодических несинусоидальных величин.....	124

4.4. Активная, реактивная и полная мощности в электрической цепи периодического несинусоидального тока .....	126
4.5. Электрические фильтры .....	127

## **Глава 5. Переходные процессы в линейных электрических цепях ....** 131

5.1. Общие сведения.....	131
5.2. Классический метод расчета переходных процессов .....	131
5.3. Законы коммутации.....	133
5.4. Переходные процессы в цепи постоянного тока с одним индуктивным элементом .....	134
5.5. Переходные процессы в цепи постоянного тока с одним емкостным элементом .....	139
5.6. Разрядка емкостного элемента в цепи с резистивным и индуктивными элементами.....	143
5.7. Подключение неразветвленной цепи с индуктивным, резистивным и емкостным элементами к источнику постоянной ЭДС.....	147
5.8. Подключение неразветвленной цепи с индуктивным и резистивным элементами к источнику синусоидальной ЭДС.....	148
5.9. Операторный метод расчета переходных процессов .....	150
5.10. Расчет переходных процессов на ПК.....	156

## **Глава 6. Нелинейные электрические цепи.....** 158

6.1. Общие сведения.....	158
6.2. Электрическая цепь с нелинейными резистивными двухполюсниками .....	158
6.3. Электрическая цепь с нелинейными резистивными трех- и четырехполюсниками.....	163

## **Глава 7. Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой ...** 168

7.1. Элементы магнитной цепи .....	168
7.2. Закон полного тока. Уравнения состояния и схема замещения магнитной цепи .....	169
7.3. Свойства ферромагнитных материалов.....	171
7.4. Расчет неразветвленной магнитной цепи.....	175
7.5. Неразветвленная магнитная цепь с постоянным магнитом .....	177
7.6. Электромеханическое действие магнитного поля .....	179

## **Глава 8. Катушка с магнитопроводом в цепи переменного тока.....** 182

8.1. Понятие об идеализированной катушке с магнитопроводом.....	182
8.2. Процессы намагничивания магнитопровода идеализированной катушки .....	183
8.3. Уравнения электрического состояния, схемы замещения и векторные диаграммы реальной катушки с магнитопроводом.....	185

8.4. Мощность потерь в магнитопроводе.....	189
8.5. Вольт-амперная характеристика катушки с магнитопроводом .....	191
8.6. Явление феррорезонанса.....	193

**Глава 9. Трансформаторы .....** 195

9.1. Общие сведения.....	195
9.2. Принцип действия однофазного трансформатора .....	196
9.3. Уравнения электрического состояния идеализированного однофазного трансформатора.....	198
9.4. Схема замещения и векторная диаграмма идеализированного однофазного трансформатора.....	201
9.5. Уравнения электрического состояния, схема замещения и векторная диаграмма реального однофазного трансформатора .....	203
9.6. Режим холостого хода трансформатора.....	205
9.7. Режим короткого замыкания трансформатора .....	207
9.8. Внешние характеристики трансформатора.....	210
9.9. Энергетический баланс и КПД трансформатора .....	212
9.10. Трехфазные трансформаторы .....	213
9.11. Группы соединений обмоток трансформаторов .....	215
9.12. Параллельная работа трансформаторов.....	217
9.13. Однофазные и трехфазные автотрансформаторы .....	218
9.14. Многообмоточные трансформаторы.....	219
9.15. Конструкция силовых трансформаторов.....	221
9.16. Измерительные трансформаторы.....	224