

С.Н. Басан

ОСНОВЫ

ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ:

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЯХ

С.Н. БАСАН

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ:**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЯХ**

**Учебник
для студентов высших учебных заведений**

Издание второе дополненное

**Краснодар
2018**

УДК 621.3.011.7

ББК 31.21

Б27

Рецензенты:

В.Х. Пшихопов, доктор технических наук, профессор;

А.Д. Дробышев, доктор географических наук,
профессор, член-корреспондент РАН

Б27 Басан, Сергей Николаевич.

Основы теории электрических и электронных цепей: физические основы математического моделирования электромагнитных процессов в электрических и электронных цепях : учебник для студентов высших учебных заведений / С.Н. Басан. – Изд. второе доп. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – 256 с.
ISBN 978-5-91718-542-2

В учебнике дано определение электрической цепи, описаны основные физические величины, используемые в теоретической электротехнике. Здесь же изложены основы физики электричества, знания которых необходимы специалисту, работающему в области электротехники, теории электрических цепей, проектирования и эксплуатации устройств радиоэлектроники, радиотехники, систем автоматического управления и т.п. Выполнено описание современного элементного базиса теории электрических цепей. Рассмотрены понятия функционально полного элементного базиса и схемы замещения электрической цепи как специфической математической модели физических процессов. Сформулированы основные законы теории линейных электрических цепей. Обосновывается справедливость этих законов во временной, комплексной и операторной областях. Изложены методы формирования систем расчётных уравнений для линейных схем замещения произвольной сложности.

Книга может быть использована для самостоятельного изучения теории электрических цепей студентами, аспирантами и инженерами электротехнических, электромеханических и радиотехнических специальностей.

ББК 31.21

УДК 621.3.011.7

ISBN 978-5-91718-542-2

© С.Н. Басан, 2018

© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Условные обозначения	8
Введение	10
Глава 1. Основные понятия и определения теории электрических цепей	18
1.1. Электрическая цепь, её составные части. Физические процессы в электрических цепях	18
1.2. Классификация электрических цепей	20
1.3. Вопросы для самоконтроля к главе 1	23
Глава 2. Основные физические величины теории электрических цепей	25
2.1. Электрические заряды. Закон Кулона	25
2.2. Электрическое поле. Напряжённость электрического поля	30
2.3. Потенциал электрического поля. Электрическое напряжение	37
2.4. Электрический ток	43
2.5. Магнитное поле	47
2.6. Уравнения Максвелла	57
2.7. Вопросы для самоконтроля к главе 2	60
Глава 3. Схема замещения электрической цепи как её математическая модель	62
3.1. Общие сведения	62
3.2. Графические изображения электрических цепей	63
3.3. Вопросы для самоконтроля к главе 3	67
Глава 4. Основные законы теории электрических цепей	68
4.1. Законы Кирхгофа	68
4.2. Закон сохранения электрической энергии	81
4.3. Принцип суперпозиции в теории электрических цепей	82
4.4. Вопросы для самоконтроля к главе 4	83
Глава 5. Элементы схем замещения электрических цепей	84
5.1. Общие сведения об элементах схем замещения	84
5.2. Элементный базис схем замещения электрических цепей	86
5.3. Пассивные двухполюсные элементы схем замещения	86

5.4. Активные элементы схем замещения	110
5.5. Вспомогательные элементы схем замещения	114
5.6. Макромодели устройств электронной техники как элементы схем замещения	117
5.7. Моделирование логических элементов в схемах замещения электрических цепей	129
5.8. Аналого-цифро-аналоговые элементы электрических цепей	132
5.9. Функционально полные элементные базисы	133
5.10. Вопросы для самоконтроля к главе 5	136
Глава 6. Схемы замещения элементов электрических цепей	141
6.1. Общие сведения	141
6.2. Схемы замещения пассивных элементов электрических цепей	142
6.3. Схемы замещения активных элементов электрических цепей	145
6.4. Канонические схемы замещения многополюсных линейных элементов электрических цепей	147
6.5. Синтез схем замещения – один из основных этапов решения задач теории электрических цепей	152
6.6. Вопросы для самоконтроля к главе 6	154
Глава 7. Основы топологии схем замещения электрических цепей	156
7.1. Основные топологические понятия и определения	156
7.2. Некоторые свойства топологических матриц схем замещения электрических цепей	161
7.3. Некоторые особенности топологических графов и топологических матриц несвязанных схем замещения	169
7.4. Вопросы для самоконтроля к главе 7	171
Глава 8. Области исследования электрических цепей	172
8.1. Общие сведения	172
8.2. Детерминированные периодические напряжения и токи	173
8.3. Понятие о спектрах периодических детерминированных напряжений и токов	176
8.4. Спектры периодических детерминированных напряжений и токов. Спектральная плотность. Преобразование Фурье	178
8.5. Прямое и обратное преобразования Лапласа. Законы Кирхгофа для операторных изображений токов и напряжений	181
8.6. Условия выполнимости преобразований Лапласа и Фурье	183
8.7. Основные свойства гармонических функций	184
8.8. Изображение гармонических функций на комплексной плоскости. Понятие комплексной амплитуды	188
8.9. Законы Кирхгофа в комплексной области	192
8.10. Вопросы для самоконтроля к главе 8	194

Глава 9. Пути решения задачи расчёта электромагнитных процессов в электрических цепях	196
9.1. Основные понятия	196
9.2. Основные принципы формирования систем уравнений для схем замещения электрических цепей	197
9.3. Вопросы для самоконтроля к главе 9	199
Глава 10. Методы формирования систем расчётных уравнений для схем замещения гармонического тока	200
10.1. Применение законов Кирхгофа при формировании системы уравнений	200
10.2. Метод токов ветвей	206
10.3. Метод напряжений ветвей	211
10.4. Метод узловых потенциалов	213
10.5. Метод контурных токов	219
10.6. Вопросы для самоконтроля к главе 10	224
Глава 11. Матричные методы формирования систем расчётных уравнений для сложных схем замещения	226
11.1. Применение матриц при формировании уравнений по законам Кирхгофа	226
11.2. Метод токов ветвей	235
11.3. Метод напряжений ветвей	236
11.4. Метод контурных токов	237
11.5. Метод узловых потенциалов	245
11.6. Вопросы для самоконтроля к главе 11	249
Алфавитный указатель	250
Литература	255