

Каменные тропы науки – это горы литературы,
уступы книг, которые нужно прочесть, усвоить.
Но книги – это путеводитель, по которому можно
ориентироваться на дорогах науки.

А.Я. Янин, академик

А.В. ЛЫКИН

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Рекомендовано Сибирским региональным отделением
Учебно-методического объединения
высших учебных заведений Российской Федерации
по образованию в области энергетики и электротехники
для межвузовского использования в качестве учебного пособия
по направлению 140200 «Электроэнергетика»

Научная библиотека ПГТУ

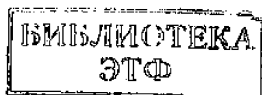


2000046359



Москва · Логос · 2006

УДК 621.311 (075.8)
ББК 31.27
Л 88



Рецензенты

П.И. Бартоломей, доктор технических наук, профессор
Ю.М. Сидоркин, кандидат технических наук
В.И. Ветров, кандидат технических наук, профессор



1665229

Лыкин А.В.
Л 88 Электрические системы и сети: Учеб. пособие. — М.:
Университетская книга; Логос, 2006. — 254 с.
ISBN 5-98704-055-8

Раскрыты вопросы производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Даны понятия электроэнергетической системы (ЭС) и ее составных частей. Рассмотрены устройство и конструктивные особенности элементов ЭЭС. Приведены характеристики и математические модели элементов ЭЭС для решения задач анализа и синтеза электрических сетей. Описаны методы расчета потокораспределения в простейших и сложных электрических сетях, а также принципы, методы и средства регулирования частоты и напряжения в ЭЭС. Освещены баланс активных и реактивных мощностей в ЭЭС, характеристики первичных двигателей, первичное и вторичное регулирование частоты, потребители и источники реактивной мощности в ЭЭС. Приводятся методы расчета потерь электрической энергии и мероприятия по повышению экономической работы электрических сетей.

Для студентов высших учебных заведений, получающих образование по направлению «Электроэнергетика», специальностям «Электроэнергетические системы и сети»; «Высоковольтная электроэнергетика и электротехника»; «Электроснабжение» и др. Может быть полезно для магистрантов и аспирантов.

ББК 31.27

ISBN 5-98704-055-8

© А.В. Лыкин, 2002, 2005
© Новосибирский государственный
технический университет, 2005
© Университетская книга, 2005
© Логос, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	8
В.1. Научно-технические, экономические и экологические аспекты электроэнергетики	8
В.2. Электрические переменные и графические обозначения	10
В.3. Электроэнергетические системы	15
В.4. Электрические сети	17

Глава 1

КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ, МОДЕЛИ, ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЭС

1.1. Конструктивное выполнение и условия работы воздушных и кабель- ных линий	22
1.2. Параметры воздушных и кабельных линий	30
1.3. Схемы замещения ЛЭП	33
1.4. Конструктивное выполнение, параметры и схемы замещения двухоб- моточных и трехобмоточных трансформаторов	36
1.5. Конструктивное выполнение, параметры и схемы замещения авто- трансформаторов и трансформаторов с расщепленной обмоткой низ- кого напряжения	42
1.6. Моделирование трансформаторов П-образными схемами замещения	45
1.7. Характеристики нагрузок ЭЭС	46
1.8. Режимы нейтралей электрических сетей	54
Вопросы для самопроверки	58

Глава 2

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРОСТЕЙШИХ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

2.1. Векторная диаграмма ЛЭП	60
2.2. Баланс мощностей в ЛЭП	63
2.3. Расчет линии электропередачи	65
2.4. Анализ режимов работы ЛЭП с помощью векторных диаграмм	68
2.5. Натуральная мощность и пропускная способность ЛЭП	74
2.6. Схемы замещения электрических сетей	80
2.7. Распределение потоков мощностей в радиально-магистральных сетях ...	81
2.8. Распределение мощностей в простейших замкнутых сетях	85
Вопросы для самопроверки	92

Глава 3

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ СЛОЖНЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

3.1. Применение теории графов для моделирования схем электрических сетей	94
3.2. Матричные формы моделей электрических сетей и их режимов	99
3.3. Узловые уравнения установившегося режима	100
3.4. Формы линейных уравнений установившегося режима и их решение ...	105
3.5. Нелинейные уравнения установившегося режима	108
Вопросы для самопроверки	113



ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Электрические системы и сети» читается студентам электроэнергетических специальностей направлений «Электроэнергетика», «Теплоэнергетика», «Экономика энергетики», является одним из основополагающих в общепрофессиональной подготовке бакалавра техники и технологии и инженера-электрика.

В материале курса излагаются основы построения и функционирования электроэнергетических систем и характеристики их составных частей: электрических станций, электрических сетей и электрических нагрузок. В курсе вводятся базовые понятия электроэнергетики, описывается структура технического устройства электроэнергетики и изучается основной технологический процесс производства, передачи и распределения электрической энергии. Кроме того, традиционно в курсе изучаются вопросы анализа и регулирования установившихся режимов электрических систем и сетей, повышения экономичности работы электрических сетей и основы типового проектирования электрических сетей районного значения.

Настоящее учебное пособие написано на основе конспекта лекций, который был составлен и постоянно перерабатывался автором для чтения курса лекций «Электрические системы и сети» в Новосибирском государственном техническом университете.

Необходимость такого пособия возникла в силу целого ряда причин, главная из которых — это изменение методов анализа электроэнергетических систем и моделирования их режимов в основном из-за новых возможностей вычислительной техники, а также старения существующей учебной литературы как морально, так и физически.

При написании учебного пособия автор старался придерживаться классического стиля по структуре изложения материала. Примеры, включенные в пособие, в большей степени приближены к использованию их при работе с компьютером, чем к выполнению арифметических действий на калькуляторе.

Материал учебного пособия может быть использован для изучения отдельных вопросов других дисциплин.

Глава 4 БАЛАНС МОЩНОСТЕЙ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ В ЭЭС

4.1. Баланс активных и реактивных мощностей в энергосистеме	114
4.2. Характеристики первичных двигателей	118
4.3. Первичное и вторичное регулирование частоты	121
4.4. Регулирование частоты в ЭЭС	126
4.5. Потребители реактивной мощности	131
4.6. Выработка реактивной мощности на электростанциях	134
4.7. Компенсирующие устройства	139
<i>Вопросы для самопроверки</i>	145

Глава 5 РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

5.1. Методы и принципы регулирования напряжения	147
5.2. Регулирование напряжения на электростанциях	152
5.3. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях с двухобмоточными трансформаторами	154
5.4. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях с трехобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами	158
5.5. Регулирование напряжения методом изменения потерь напряжения в сети	165
5.6. Регулирование напряжения в распределительных сетях методом характеристического узла	172
<i>Вопросы для самопроверки</i>	180

Глава 6 ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

6.1. Расчет потерь энергии в электрических сетях	182
6.2. Мероприятия по снижению потерь энергии в электрических сетях	186
6.3. Перераспределение мощности в неоднородных электрических сетях	191
<i>Вопросы для самопроверки</i>	195

Глава 7 ЭЛЕМЕНТЫ ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

7.1. Схема развития электрической сети ЭЭС	196
7.2. Техничко-экономическое сопоставление вариантов сооружения электрической сети	200
7.3. Выбор номинальных напряжений ЛЭП	204
7.4. Выбор сечений проводов ЛЭП	206
7.5. Особенности выбора сечений проводников ЛЭП в распределительных сетях 0,38...35 кВ	213
7.6. Выбор схем присоединения подстанций к электрической сети и коммутационных схем	220
7.7. Выбор трансформаторов и автотрансформаторов на понижающих подстанциях	225
<i>Вопросы для самопроверки</i>	226

Приложения: Справочные материалы	228
Библиографический список	251