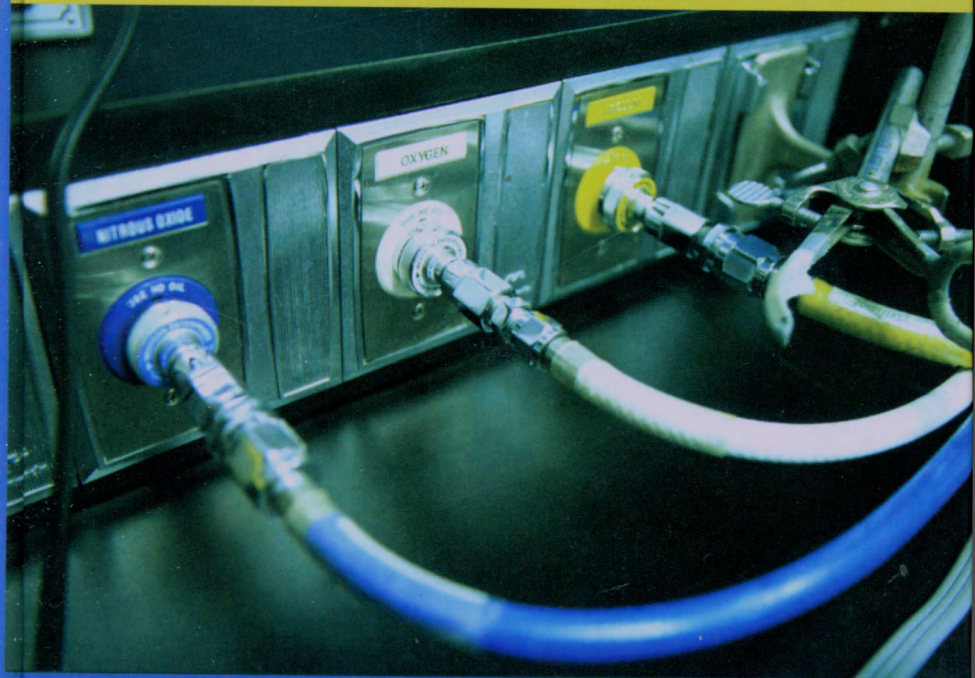


62131

К88

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МАСТЕРСТВО

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ
И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ

УДК 621.31

ББК 31.27

КТК 230

К89

Кужеков С. Л.

К89 Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию / С. Л. Кужеков, С. В. Гончаров. — Изд. 5-е, допол. и перераб. — Ростов н/Д. : Феникс, 2011. — 492 с. : ил. — (Профессиональное мастерство).

ISBN 978-5-222-16982-7

В доступной для эксплуатационного персонала форме изложены краткие сведения, лежащие в основе построения и эксплуатации электроустановок распределительных электрических сетей. В книгу включены, помимо сведений из ПУЭ и ПТЭ, сведения по теоретической электротехнике, электрооборудованию, электрическим сетям (воздушным и кабельным линиям, электрическим подстанциям и их электрооборудованию), релейной защите, защите от перенапряжений, качеству напряжения, потерям напряжения, мощности и энергии, а также о токах короткого замыкания.

В данном, четвертом, издании пособия приведена дополнительная информация из седьмого издания ПУЭ, а также материалы о новом электротехническом оборудовании, используемом в распределительных электрических сетях.

ISBN 978-5-222-16982-7

УДК 621.31

ББК 31.27

© Кужеков С. Л., Гончаров С. В., 2010

© Оформление. ООО «Феникс», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
В.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
В.2. ВИДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	10
Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ	15
1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ..	15
1.2. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	26
1.2.1. ПРИЧИНЫ ШИРОКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	27
1.2.2. СИНУСОИДАЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И ИХ ИЗОБРАЖЕНИЯ	30
1.2.3. ОТЛИЧИЯ В РАСЧЕТАХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКОВ	34
1.2.4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ. РЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ	39
1.2.5. АКТИВНАЯ, РЕАКТИВНАЯ И ПОЛНАЯ МОЩНОСТИ	44
1.3. ТРЕХФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ	52
1.3.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ	52

1.3.2. ПРИЧИНА ШИРОКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМ	54
1.3.3. СОЕДИНЕНИЕ ПРИЕМНИКА В ЗВЕЗДУ И ТРЕУГОЛЬНИК	56
1.3.4. НЕСИММЕТРИЧНЫЙ РЕЖИМ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ	58
1.3.5. МЕТОД СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ. ПОТЕРИ В ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЯХ	61
1.4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА	65
1.5. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ	69
Глава 2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГОРОДСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	74
2.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	74
2.2. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	80
2.3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	88
2.4. СХЕМЫ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ГРС	96
Глава 3. ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ, РЕЖИМЫ НЕЙТРАЛИ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	103
3.1. ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ	104
3.2. СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ	111
3.3. СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35...6 КВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ	123

488 Электрические сети и электрооборудование

3.4. СЕТЬ 6...35 КВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ЕМКОСТНОГО ТОКА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ	127
3.5. ДРУГИЕ РЕЖИМЫ НЕЙТРАЛИ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6...35 КВ	132
3.6. ЗАЗЕМЛЕНИЯ	137
3.6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	137
3.6.2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ, ЗАЩИТНЫМ ПРОВОДНИКАМ И ПРОВОДНИКАМ СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ	142

Глава 4. **ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ, МОЩНОСТИ
И ЭНЕРГИИ**

146

4.1. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	146
4.2. ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	153
4.3. ПОТЕРИ МОЩНОСТИ И ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	160

Глава 5. **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ОПАСНОСТЯХ
И РАСЧЕТЕ ТОКОВ КОРОТКОГО
ЗАМЫКАНИЯ**

169

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	169
5.2. ОПАСНОСТИ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	173
5.3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСЧЕТЕ ТОКОВ КЗ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6...35 КВ ...	180
5.4. РАСЧЕТ ТОКОВ КЗ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ	188

Глава 6. СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ 194

- 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 194
 - 6.1.1. ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ 199
- 6.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ 202
 - 6.2.1. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ 202
 - 6.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП СОЕДИНЕНИЯ
ТРАНСФОРМАТОРОВ 209
 - 6.2.3. ФАЗИРОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ 215
 - 6.2.4. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ 222
 - 6.2.5. СУШКА ТРАНСФОРМАТОРОВ 228

**Глава 7. ОСНОВНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ
И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ 231**

- 7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 231
- 7.2. ШИНЫ, ИЗОЛЯТОРЫ РП И ТП, РАЗЪЕДИНИТЕЛИ
И ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ 235
- 7.3. СИЛОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ 242
- 7.4. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ 256
- 7.5. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ 261
- 7.6. КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ НАПРЯЖЕНИЕМ
ДО 1 КВ 274

Глава 8. ВОЗДУШНЫЕ И КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ 281

- 8.1. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ 281
 - 8.1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЯ 281
 - 8.1.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 290
 - 8.1.3. САМОНЕСУЩИЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПРОВОДА 294

8.2. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ	296
8.2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И УСТРОЙСТВО	296
8.2.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ	305
8.2.3. СИЛОВЫЕ КАБЕЛИ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА	312
8.2.4. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ	316
8.2.5. ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ	321
8.2.6. ОТЫСКАНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ	323
Глава 9. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ ПОВРЕЖДЕНИЙ	334
9.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	334
9.2. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ	342
9.3. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 КВ	352
9.4. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	361
9.5. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	364
Глава 10. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПОДСТАНЦИИ	375
10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ	375
10.2. СХЕМЫ ГЛАВНЫХ ЦЕПЕЙ ЯЧЕЕК КСО-6(10)-Э1 «АВРОРА»	377
10.3. КОНСТРУКЦИЯ ЯЧЕЙКИ КСО	385
10.4. КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ ГЛАВНЫХ ЦЕПЕЙ КСО	390

Содержание **491**

10.4.1. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ И РАЗЪЕДИНИТЕЛИ	390
10.4.2. ВАКУУМНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВВ/ТЕЛ	402
10.5. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА КСО	403
10.6. ФАЗИРОВКА КАБЕЛЕЙ, ПОДКЛЮЧАЕМЫХ К ЯЧЕЙКАМ КСО	411
10.7. ФОРМИРОВАНИЕ ГЛАВНЫХ ЦЕПЕЙ РУ НА БАЗЕ ЯЧЕЕК КСО	412
10.8. БЛОЧНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ	415

**Глава 11. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ
ОДНОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ
НАПРЯЖЕНИЕМ 220 В ПРИ ОБРЫВЕ
НУЛЕВОГО ПРОВОДА 433**

11.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	433
11.2. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ДИАПАЗОНА ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ	435
11.3. КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ОДНОФАЗНЫХ ПРИЕМНИКОВ ОТ ОТКЛОНЕНИЙ ФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ	448

**Глава 12. ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ
ПЕРЕРЫВОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 459**

12.1. ДИСПЕТЧЕРСКИЕ СЛУЖБЫ	459
12.2. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ	460
12.3. ДЕЙСТВИЯ ПЕРСОНАЛА ОВБ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ В ТП	465
12.4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ В РП	472

492 **Электрические сети и электрооборудование**

12.5. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ
В ЦЕНТРЕ ПИТАНИЯ 474

12.6. ОДНОФАЗНОЕ ЗАМЫКАНИЕ НА ЗЕМЛЮ 476

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 480

Приложение 1. Стандартные условные графические
и буквенные обозначения элементов
электрических схем 482

Приложение 2. Условная принципиальная схема
электропитания города 485