



В.А.Старшинов,  
М.В.Пираторов,  
М.А.Козина

# Электрическая часть электростанций и подстанций

Учебное пособие



**В.А.Старшинов, М.В.Пираторов, М.А.Козина**

# **Электрическая часть электростанций и подстанций**

Допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника»

Москва  
Издательский дом МЭИ  
2015

УДК 621.311(075.8)  
ББК 31.277я73  
С 775

Рецензенты: Лавыгин В.М., профессор НИУ «МЭИ»,  
Стогний Т.А., начальник отдела ОАО «Институт Теплоэлектропроект», к.т.н.

### **Старшинов В.А.**

С 775 Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козина; под ред. В.А. Старшинова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2015. — 296 с.: ил.

ISBN 978-5-383-00874-4

Рассмотрена электрическая часть электростанций различного типа (ТЭЦ, КЭС, ПГУ, ГТУ, АЭС, ГЭС) и подстанций. Содержится краткая характеристика технологического процесса преобразования различных видов энергии в электрическую. Приведены сведения об основном электротехническом оборудовании и электрических аппаратах. Описаны способы гашения электрической дуги в коммутационных аппаратах различного исполнения. Приведены условия выбора и проверки электрических аппаратов по условиям короткого замыкания. Рассмотрены вопросы построения структурных схем и схем выдачи мощности электростанций и подстанций. Приведены электрические схемы распределительных устройств и схем питания собственных нужд. Даны рекомендации по их применению.

Предназначено в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика», также может быть использовано при подготовке и переподготовке кадров в разных областях энергетики.

УДК 621.311(075.8)

ББК 31.277я73

*Учебное издание*

**Старшинов Владимир Алексеевич  
Пираторов Михаил Васильевич  
Козина Марина Алексеевна**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ**

Учебное пособие для вузов

Редактор *В.С. Егоров, Г.Ф. Раджабова*  
Художественный редактор *А.Ю. Землеруб*  
Технический редактор *Т.А. Дворецкова*  
Компьютерная верстка *В.В. Пак*

Подписано в печать с оригинал-макета 04.03.15    Формат 60×90/16  
Бумага офсетная                                    Гарнитура Таймс                                    Печать офсетная  
Усл. печ. л. 18,5                                    Усл. кр.-отт. 19,5                                    Уч.-изд. л. 18,7  
Тираж 1000 экз.

ЗАО «Издательский дом МЭИ», 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14А,  
тел/факс: (495) 640-8327, адрес в Интернете: <http://www.idmei.ru>,  
электронная почта: [info@idmei.ru](mailto:info@idmei.ru)

© Старшинов В.А., Пираторов М.В., Козина М.А., 2015

ISBN 978-5-383-00874-4

© ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2015

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение. Современное состояние электроэнергетики</b> .....	6
<b>Глава первая. Общие сведения о работе электроэнергетической системы</b> .....	11
1.1. Понятие об электроэнергетической системе .....	11
1.2. Режим нагрузок потребителей и электроэнергетических систем .....	21
1.3. Преимущества объединения электростанций в единую электроэнергетическую систему .....	25
1.4. Показатели качества электроэнергии .....	26
<b>Глава вторая. Синхронные генераторы</b> .....	30
2.1. Общая характеристика .....	30
2.2. Системы охлаждения синхронных генераторов.....	35
2.3. Системы возбуждения синхронных генераторов .....	42
2.4. Гашение поля синхронных генераторов .....	47
2.5. Включение генераторов на параллельную работу .....	49
2.6. Режимы работы синхронных генераторов .....	52
2.7. Статическая устойчивость .....	56
2.8. Динамическая устойчивость.....	59
2.9. Результирующая устойчивость.....	63
2.10. Асинхронный режим работы синхронных генераторов .....	63
2.11. Несимметричный режим работы синхронных генераторов .....	66
<b>Глава третья. Трансформаторы и автотрансформаторы</b> .....	67
3.1. Общие данные.....	67
3.2. Магнитопровод .....	71
3.3. Обмотки.....	73
3.4. Системы охлаждения.....	75
3.5. Схемы и группы соединения обмоток.....	78
3.6. Регулирование напряжения.....	82
3.7. Трехобмоточные трансформаторы, трансформаторы с расщепленной обмоткой низшего напряжения и автотрансформаторы .....	85
3.8. Параллельная работа трансформаторов.....	90
3.9. Нагрузочная способность силовых трансформаторов и автотрансформаторов .....	91
<b>Глава четвертая. Короткие замыкания в электроэнергетических системах</b> .....	96
4.1. Общие сведения.....	96
4.2. Трехфазное короткое замыкание .....	98

4.3. Расчет трехфазных коротких замыканий .....	104
4.3.1. Назначение, допущения и порядок выполнения расчета .....	104
4.3.2. Составление расчетной схемы .....	107
4.3.3. Системы единиц .....	108
4.3.4. Параметры элементов расчетных схем и их схемы замещения ...	110
4.3.5. Преобразование схем замещения .....	120
4.3.6. Пример расчета трехфазного короткого замыкания .....	123
<b>Глава пятая. Отключение силовых электрических цепей</b>	
<b>переменного тока .....</b>	<b>126</b>
5.1. Общие сведения .....	126
5.2. Процессы при ионизации дугового промежутка .....	127
5.3. Процессы при деионизации дугового промежутка .....	128
5.4. Дуга переменного тока .....	129
5.5. Отключение цепи переменного тока с чисто активной нагрузкой .....	131
5.6. Отключение цепи переменного тока с индуктивной нагрузкой .....	132
5.7. Восстанавливающееся напряжение на контактах .....	134
5.8. Способы гашения электрической дуги .....	135
<b>Глава шестая. Электрические аппараты .....</b>	<b>141</b>
6.1. Классификация электрических аппаратов .....	141
6.2. Выключатели .....	143
6.2.1. Основные параметры выключателей .....	143
6.2.2. Выключатели масляные .....	144
6.2.3. Выключатели воздушные .....	151
6.2.4. Выключатели элегазовые .....	157
6.2.5. Выключатели вакуумные .....	163
6.2.6. Выключатели электромагнитные .....	168
6.2.7. Выключатели нагрузки .....	172
6.3. Разъединители, короткозамыкатели и отделители .....	174
6.4. Измерительные трансформаторы тока и напряжения .....	180
6.5. Токоограничивающие и шунтирующие реакторы .....	190
6.6. Разрядники и ограничители перенапряжений .....	193
6.7. Предохранители .....	197
6.8. Комплектные распределительные устройства и реклоузеры .....	202
6.9. Электрические коммутационные аппараты низкого напряжения .....	207
<b>Глава седьмая. Выбор электрооборудования .....</b>	<b>216</b>
7.1. Расчетные условия для выбора электрооборудования .....	216
7.2. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям	
рабочих продолжительных режимов .....	218
7.3. Проверка коммутационных электрических аппаратов	
на коммутационную способность .....	221
7.4. Условия выбора и проверки проводников и электрических	
аппаратов .....	223
7.5. Пример выбора электрооборудования .....	226
<b>Глава восьмая. Электрические схемы электростанций</b>	
<b>и подстанций .....</b>	<b>229</b>
8.1. Виды и типы схем .....	229

8.2. Нормативная документация .....	230
8.3. Требования, предъявляемые к схемам электроустановок .....	230
8.4. Структурные схемы электростанций и подстанций .....	231
8.5. Распределительные устройства .....	236
8.5.1. Общие сведения .....	236
8.5.2. Требования к схемам распределительных устройств .....	237
8.5.3. Классификация схем распределительных устройств .....	238
8.6. Примеры выполнения схем электростанций и подстанций .....	242
<b>Глава девятая. Собственные нужды электрических станций и подстанций .....</b>	<b>253</b>
9.1. Общие сведения .....	253
9.2. Собственные нужды тепловых электростанций .....	256
9.3. Собственные нужды атомных электростанций .....	258
9.4. Собственные нужды гидростанций .....	260
9.5. Собственные нужды подстанций .....	262
<b>Глава десятая. Системы измерений, релейной защиты и диагностики .....</b>	<b>264</b>
10.1. Общие положения .....	264
10.2. Системы измерений .....	266
10.3. Системы релейной защиты .....	274
10.4. Системы диагностики .....	289
<b>Список литературы .....</b>	<b>295</b>