



А.Н. МИРОНОВА  
Ю.М. МИРОНОВ

# ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

2-е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано Межрегиональным учебно-методическим советом профессионального образования в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (квалификация (степень) «бакалавр») (протокол № 13 от 16.09.2019)*

Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com

Москва  
ИНФРА-М  
2021

БИБЛИОТЕКА  
Учреждения образования  
"Гомельский государственный  
технический университет  
имени П.О. Сухого" №

**Миронова, А. Н.** Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок : учебное пособие / А. Н. Миронова, Ю. М. Мионов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Инфра-М, 2021. — 468, [1] с. — (Высшее образование — Бакалавриат).

УДК [621.31.031 + 658.26](075.8)

ББК 31

**Чит. зал №1 — 5 экз.**

В учебном пособии рассмотрены основы электроснабжения промышленных предприятий; приведены данные по электротехнологическим установкам как приемникам электроэнергии; описаны характеристики основных видов электрооборудования и схемы электроснабжения электротехнологических установок.

Соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования последнего поколения.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», специальности «Электротехнологические процессы и установки, приборы электронагрева». Также может быть полезно магистрантам, аспирантам и специалистам промышленности.

# Оглавление

Предисловие к 1-му изданию.....	3
Предисловие ко 2-му изданию .....	6
<b>Глава 1. Основы электроснабжения промышленных предприятий с электротермическими, плазменными и лучевыми установками .....</b>	<b>9</b>
1.1. Общие вопросы электроэнергетики .....	9
1.1.1. Энергосистемы и их структура .....	9
1.1.2. Электростанции.....	10
1.1.3. Понятие режимов энергосистем.....	19
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>22</i>
1.2. Приемники и потребители электроэнергии.....	23
1.2.1. Классификация и общая характеристика приемников электроэнергии.....	23
1.2.2. Электрические нагрузки и их графики .....	31
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>42</i>
1.3. Системы электроснабжения промышленных предприятий и распределение электроэнергии.....	42
1.3.1. Структура систем электроснабжения промышленных предприятий.....	42
1.3.2. Схемы электроснабжения промышленных предприятий .....	47
1.3.3. Устройство трансформаторных подстанций.....	56
1.3.4. Печные и преобразовательные подстанции.....	62
1.3.5. Распределительные устройства .....	65
1.3.6. Конструктивное исполнение электрических сетей .....	71
1.3.7. Линии передач токов средней частоты.....	80
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>83</i>
1.4. Качество электроэнергии .....	84
1.4.1. Показатели качества электроэнергии и их нормирование.....	84
1.4.2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников.....	88
1.4.3. Частотная разгрузка и поддержание частоты.....	93
1.4.4. Меры по обеспечению качества напряжения.....	96
1.4.5. Снижение уровня несинусоидальности питающего напряжения.....	99
1.4.6. Симметрирование нагрузки.....	100
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>101</i>
1.5. Компенсация реактивной мощности потребителей.....	102
1.5.1. Расчет параметров схем компенсации .....	102
1.5.2. Виды источников поперечной компенсации.....	106
1.5.3. Устройства динамической компенсации колебаний напряжения .....	109
1.5.4. Установки продольной компенсации.....	117
<i>Контрольные вопросы и задания .....</i>	<i>118</i>
1.6. Короткие замыкания в системах электроснабжения .....	119
1.6.1. Общая характеристика коротких замыканий .....	119
1.6.2. Процесс трехфазного короткого замыкания .....	122
1.6.3. Тепловое и динамическое воздействие тока короткого замыкания .....	127
1.6.4. Приближенный метод расчета токов короткого замыкания в установках напряжением выше 1 кВ.....	130

1.6.5. Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1 кВ.....	139
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	143

## **Глава 2. Особенности электротехнологических установок как потребителей электроэнергии ..... 144**

2.1. Руднотермические печи .....	144
2.1.1. Особенности потребления электроэнергии руднотермическими печами.....	144
2.1.2. Особенности взаимодействия руднотермических печей с энергосистемами.....	148
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	153
2.2. Дуговые печи .....	153
2.2.1. Виды дуговых сталеплавильных печей.....	153
2.2.2. Трехфазные дуговые сталеплавильные печи .....	154
2.2.3. Дуговые печи постоянного тока .....	176
2.2.4. Дуговые печи <i>Consteel</i> .....	179
2.2.5. Дуговые вакуумные печи.....	181
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	185
2.3. Печи электрошлакового переплава и литья .....	186
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	196
2.4. Плазменные, ионные и электронно-лучевые установки.....	196
2.4.1. Плазменные дуговые печи и установки.....	196
2.4.2. Высокочастотные плазменные установки.....	204
2.4.3. Установки ионного нагрева.....	205
2.4.4. Электронно-лучевые установки .....	206
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	213
2.5. Индукционные установки и печи сопротивления .....	213
2.5.1. Индукционные печи и установки .....	213
2.5.2. Электрические печи сопротивления .....	220
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	221

## **Глава 3. Электрооборудование систем электроснабжения в электротехнологических установках ..... 222**

3.1. Электропечные трансформаторы и выключатели высокого напряжения .....	222
3.1.1. Характеристика электропечных трансформаторов .....	222
3.1.2. Общие сведения о выключателях высокого напряжения .....	228
3.1.3. Принципы гашения дуг в выключателях.....	230
3.1.4. Масляные выключатели .....	236
3.1.5. Электромагнитные выключатели.....	241
3.1.6. Воздушные и вакуумные выключатели.....	245
3.1.7. Элегазовые выключатели .....	256
3.1.8. Приводы выключателей высокого напряжения.....	259
3.1.9. Особенности применения выключателей высокого напряжения в электротермических установках.....	269
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	272
3.2. Прочее оборудование высокого напряжения .....	273
3.2.1. Разъединители, выключатели нагрузки, отделители, короткозамыкатели, плавкие предохранители .....	273
3.2.2. Разрядники, реакторы, изоляторы .....	280

3.2.3.	Измерительные трансформаторы.....	286
3.2.4.	Режим работы и выбор оборудования.....	298
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
3.3.	Коммутационная аппаратура низкого напряжения.....	299
3.3.1.	Общие сведения.....	299
3.3.2.	Контакты и пускатели.....	302
3.3.3.	Автоматические выключатели.....	306
3.3.4.	Аппараты низкого напряжения средней частоты.....	314
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
3.4.	Защиты и блокировки в электротермических установках.....	318
3.4.1.	Общие сведения о релейной защите.....	318
3.4.2.	Конструкция и типы реле, применяемых в электротермических установках.....	320
3.4.3.	Принципиальные схемы релейной защиты.....	333
3.4.4.	Блокировки в электротермических установках.....	340
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
342		

## **Глава 4. Схемы электроснабжения и компоновка**

<b>электротермических установок.....</b>		<b>343</b>
4.1.	Проектирование и монтаж электротермических установок.....	343
4.1.1.	Основные этапы проектирования и виды проектной документации.....	343
4.1.2.	Автоматизированная система проектирования.....	346
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
351		
4.2.	Электрические схемы и компоновка оборудования установок дуговых и руднотермических печей.....	351
4.2.1.	Дуговые сталеплавильные печи.....	351
4.2.2.	Руднотермические печи.....	367
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
374		
4.3.	Электрические схемы и компоновка оборудования индукционных установок и печей сопротивления.....	374
4.3.1.	Общие сведения.....	374
4.3.2.	Канальные печи.....	376
4.3.3.	Тигельные печи.....	379
4.3.4.	Индукционные нагревательные и закалочные установки.....	386
4.3.5.	Электрические печи сопротивления.....	389
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
395		
4.4.	Электрические схемы и компоновка оборудования печей спецэлектрометаллургии.....	395
4.4.1.	Вакуумные дуговые печи и печи электрошлакового переплава.....	395
4.4.2.	Плазменные и электронно-лучевые установки.....	405
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
408		
4.5.	Рациональная эксплуатация электротермических установок.....	408
4.5.1.	Общие сведения.....	408
4.5.2.	Эксплуатация электрических контактов.....	410
4.5.3.	Контроль состояния изоляции.....	412
4.5.4.	Эксплуатация кабелей и выключателей.....	415
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....		
418		
4.6.	Структура электроэнергетики. Учет и система рынков электроэнергии.....	418
4.6.1.	Современная структура электроэнергетики России.....	418
4.6.2.	Учет электрической энергии.....	419

4.6.3. Экономические отношения на рынке электроэнергии .....	426
4.6.4. Общие мероприятия по экономии электроэнергии в электротехнологических установках .....	428
4.6.5. Основные направления энергосбережения на дуговых печах .....	432
<i>Контрольные вопросы и задания</i> .....	447
<b>Приложения</b> .....	<b>448</b>
<b>Библиографический список</b> .....	<b>460</b>
<b>Предметный указатель</b> .....	<b>463</b>