

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
------------------	---

## *Глава 1*

<b>СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ.....</b>	<b>7</b>
---	----------

1.1. Общие сведения .....	9
1.1.1. Система и ее составные части.....	9
1.1.2. Климатические условия работы и классификация электрооборудования по защите от внешней среды .....	10
1.1.3. Номинальные напряжения и ряды номинальных токов.....	11
1.2. Характеристика потребителей и приемников электроэнергии .....	12
1.3. Категории электроприемников и обеспечение надежности.....	14
1.4. Требования к системе электроснабжения (СЭ).....	15
1.5. Характерные схемы питающих и распределительных сетей.....	17
1.6. Технические условия на присоединение к источнику питания.....	23
Контрольные вопросы.....	24

## *Глава 2*

<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ.....</b>	<b>25</b>
------------------------------------	-----------

2.1. Электрические нагрузки. Основные понятия и определения.....	27
2.2. Понятие о графиках электрических нагрузок, их видах и показателях.....	29
2.3. Методы расчета электрических нагрузок .....	36
2.3.1. Понятие о расчетной нагрузке.....	36
2.3.2. Средние нагрузки .....	37
2.3.3. Методы определения расчетных нагрузок .....	40
2.3.4. Пиковые нагрузки.....	44
2.3.5. Потери мощности и энергии .....	45
2.4. Модели учета роста электрических нагрузок .....	47
2.4.1. Проблема электрической энергии и расчет лимитов мощности .....	47
2.4.2. Определение заявленной потребителем активной мощности, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы.....	49
2.4.3. Общие положения по регулированию графиков нагрузки .....	50
2.4.4. Прогнозирование электрических нагрузок и электропотребления .....	53
Контрольные вопросы.....	54
Темы рефератов.....	54

## *Глава 3*

<b>ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>55</b>
---	-----------

3.1. Общие сведения .....	57
3.2. Короткие замыкания в системах электроснабжения .....	57
3.3. Процесс протекания короткого замыкания .....	58
3.4. Исходные условия для расчета токов короткого замыкания .....	62

3.4.1. Общие сведения .....	62
3.4.2. Расчетные схемы и эквивалентные схемы замещения .....	63
3.5. Методы расчета токов короткого замыкания.....	69
3.5.1. Расчет токов КЗ в именованных единицах.....	69
3.5.2. Расчет токов КЗ в относительных единицах .....	71
3.5.3. Порядок расчета токов КЗ.....	75
3.5.4. Расчет токов КЗ при асимметрии точки короткого замыкания.....	79
3.5.5. Определение аperiodической слагающей тока КЗ.....	81
3.5.6. Расчет токов КЗ с учетом электродвигательной нагрузки .....	82
3.5.7. Ограничения токов КЗ.....	84
3.5.8. Особенности расчета токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ .....	88
3.6. Расчет токов несимметричных коротких замыканий.....	91
Контрольные вопросы.....	93
Темы рефератов.....	94

#### **Глава 4**

<b>ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>95</b>
4.1. Общие сведения .....	97
4.2. Система критериев и показателей оценки эффективности инвестицион- ных проектов .....	97
4.3. Методика технико-экономических расчетов.....	99
4.4. Капитальные вложения и эксплуатационные издержки .....	100
4.5. Ущерб от нарушения электроснабжения .....	103
Контрольные вопросы.....	104

#### **Глава 5**

<b>ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ И КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....</b>	<b>105</b>
5.1. Обоснование выбора рационального напряжения.....	107
5.2. Основные показатели качества электроэнергии и их нормирование .....	110
5.3. Показатели качества электроэнергии в сетях с нелинейной нагрузкой .....	116
5.4. Расчет показателей качества электроэнергии .....	120
5.5. Улучшение качества напряжения.....	123
5.6. Уменьшение влияния высших гармоник на питающую сеть .....	129
5.7. Примеры выбора средств регулирования напряжения .....	133
Контрольные вопросы.....	138
Темы рефератов.....	138

#### **Глава 6**

<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ .....</b>	<b>139</b>
6.1. Общие сведения .....	141
6.2. Устройство электрических сетей.....	145
6.2.1. Воздушные линии (ВЛ).....	145
6.2.2. Кабельные линии (КЛ) .....	155
6.2.3. Токопроводы и шинпроводы.....	160
6.2.4. Электропроводки .....	162
6.3. Расчет электрических сетей по нагреву.....	163
6.3.1. Общие сведения .....	163

6.3.2. Выбор проводников в нормальных режимах.....	164
6.3.3. Выбор проводников в аварийном режиме .....	168
6.3.4. Согласование сечений проводников с устройствами защиты.....	172
6.4. Расчет проводников по потере напряжения .....	173
6.4.1. Общие сведения .....	173
6.4.2. Выбор сечения проводников в разомкнутых сетях.....	177
6.4.3. Выбор сечений проводников из условия их постоянства вдоль магистральных линий .....	181
6.4.4. Определение сечения проводников по условию минимума расхода цветного металла .....	182
6.4.5. Расчет замкнутых сетей по потере напряжения .....	184
6.5. Расчет проводов и тросов воздушных линий на механическую прочность .....	188
6.5.1. Общие сведения .....	188
6.5.2. Механические нагрузки проводов и тросов .....	191
6.5.3. Расчетные напряжения и стрелы провеса проводов и тросов .....	193
6.6. Экономические сечения проводников .....	200
6.6.1. Общие сведения .....	200
6.6.2. Выбор сечения проводников по экономической плотности тока .....	200
6.6.3. Выбор сечения проводников по экономическим интервалам тока .....	203
6.7. Особенности расчета линий напряжением 110 кВ .....	204
Контрольные вопросы.....	207
Темы рефератов.....	208

## Глава 7

<b>КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ.....</b>	<b>209</b>
7.1. Понятие о реактивной мощности, ее источниках и приемниках .....	211
7.2. Средства компенсации реактивной мощности.....	214
7.3. Способы уменьшения потребления реактивной мощности .....	217
7.4. Выбор мощности и размещение компенсирующих устройств.....	221
7.5. Компенсация реактивной мощности в сетях с нелинейными нагрузками.....	227
Контрольные вопросы.....	231
Темы рефератов .....	232

## Глава 8

<b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ .....</b>	<b>233</b>
8.1. Общие сведения .....	235
8.2. Разъединители.....	238
8.3. Выключатели .....	240
8.3.1. Назначение.....	240
8.3.2. Баковые масляные выключатели.....	241
8.3.3. Воздушные выключатели .....	242
8.3.4. Электромеханические выключатели.....	243
8.3.5. Элегазовые выключатели .....	243
8.3.6. Вакуумные выключатели.....	244
8.3.7. Выключатели нагрузки.....	245
8.4. Реакторы.....	245
8.5. Измерительные трансформаторы.....	247
8.5.1. Измерительные трансформаторы тока (ТТ) .....	248

8.5.2. Трансформаторы напряжения (ТН) .....	250
8.6. Изоляторы и шины .....	254
8.7. Предохранители .....	256
8.8. Выбор электрических аппаратов .....	258
8.8.1. Общие сведения .....	258
8.8.2. Выбор и проверка разъединителей .....	261
8.8.3. Выбор и проверка выключателей .....	261
8.8.4. Выбор и проверка предохранителей .....	262
8.8.5. Выбор и проверка выключателей нагрузки .....	263
8.8.6. Выбор и проверка изоляторов .....	264
8.8.7. Расчет шин .....	265
8.8.8. Выбор и проверка реакторов .....	268
8.8.9. Выбор и проверка трансформаторов тока (ТТ) .....	270
8.8.10. Выбор и проверка трансформаторов напряжения (ТН) .....	276
8.8.11. Выбор и проверка автоматических выключателей .....	277
Примеры расчета .....	278
Контрольные вопросы .....	281
Темы рефератов .....	282

## **Глава 9**

### **ПОДСТАНЦИИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА .....**

9.1. Выбор места расположения подстанций, числа и мощности трансформаторов .....	285
9.1.1. Общие сведения .....	285
9.1.2. Выбор типа и числа трансформаторов .....	287
9.1.3. Выбор мощности трансформаторов .....	289
9.1.4. Определение местоположения подстанций и распределительных устройств .....	292
9.2. Выбор схем электроснабжения .....	294
9.3. Схемы электрических соединений подстанций и распределительных устройств напряжением выше 1 кВ .....	298
9.3.1. Коммутация подстанций и установка коммутационной аппаратуры .....	298
9.3.2. Система сборных шин и схемы подстанций .....	300
9.4. Подстанции промышленных предприятий .....	306
9.5. Открытые распределительные устройства напряжением 35—220 кВ .....	310
9.6. Закрытые распределительные устройства .....	312
9.7. Рекомендации по схемам подстанций напряжением 10(6) кВ и распределительным пунктам .....	313
9.8. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ .....	315
Контрольные вопросы .....	316
Темы рефератов .....	316

## **Глава 10**

### **ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК .....**

10.1. Общие сведения .....	319
10.2. Требования, предъявляемые к релейной защите .....	321
10.3. Элементы защиты. Источники оперативного тока в целях релейной защиты .....	323
10.3.1. Элементы защиты .....	323

10.3.2. Источники оперативного тока в цепях релейной защиты .....	324
10.4. Защита от внешних коротких замыканий в электроустановках на- пряжением выше 1 кВ .....	332
10.4.1. Общие сведения .....	332
10.4.2. Схемы максимальной токовой защиты .....	333
10.4.3. Выбор параметров максимальной токовой защиты .....	336
10.4.4. Токовая отсечка.....	340
10.4.5. Токовая направленная защита.....	343
10.5. Защита от многофазных замыканий в электроустановках напряже- нием выше 1 кВ.....	344
10.5.1. Общие сведения .....	344
10.5.2. Принцип действия продольной дифференциальной защиты .....	345
10.5.3. Поперечная дифференциальная защита .....	347
10.5.4. Защита силовых трансформаторов .....	351
10.5.5. Защита шин напряжением 6—35 кВ.....	357
10.5.6. Защита линий 6—35 кВ с односторонним питанием .....	360
10.5.7. Защита асинхронных и синхронных электродвигателей напря- жением выше 1 кВ.....	362
10.5.8. Защита конденсаторных установок напряжением 6 (10) кВ.....	364
10.5.9. Защита фильтров высших гармоник (ФВГ) 10—35 кВ .....	366
10.5.10. Защита трансформаторов полупроводниковых transforma- тельных агрегатов 6—35 кВ.....	368
10.6. Защита от однофазных замыканий в электроустановках напряжени- ем выше 1 кВ .....	369
10.6.1. Общие сведения .....	369
10.6.2. Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сетях с большими токами замыкания на землю.....	371
10.6.3. Защита от замыканий на землю в сетях с малыми токами замы- кания на землю.....	373
10.6.4. Защита электроустановок от однофазных замыканий на землю .....	374
10.7. Прочие виды защит.....	377
10.7.1. Дистанционная защита линий .....	377
10.7.2. Высокочастотная защита .....	377
10.7.3. Газовая защита .....	378
10.7.4. Защита от перегрузки .....	378
10.7.5. Защита синхронных двигателей от асинхронного режима.....	381
10.7.6. Защита от потери питания и понижения напряжения .....	381
10.7.7. Самозапуск электродвигателей .....	382
Контрольные вопросы .....	383
Темы рефератов.....	384

## **Глава 11**

<b>ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....</b>	<b>385</b>
11.1. Общие сведения .....	387
11.2. Защита электроустановок от прямых ударов молнии.....	389
11.3. Защита от волн атмосферных перенапряжений .....	395
11.4. Защита от внутренних перенапряжений .....	397
11.5. Схемы защиты от перенапряжений .....	399
11.6. Молниезащита зданий и сооружений.....	402

11.7. Расчет зоны защиты молниеотводов.....	405
Контрольные вопросы.....	407

## **Глава 12**

<b>ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА .....</b>	<b>409</b>
12.1. Общие требования и определения .....	411
12.2. Рабочее и защитное заземление .....	417
12.3. Защитное зануление .....	420
12.4. Конструкции заземляющих устройств .....	425
12.5. Расчет устройств зануления и заземления.....	431
12.6. Технические защитные меры.....	436
Контрольные вопросы.....	440
Темы рефератов.....	440

## **Глава 13**

<b>АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>441</b>
13.1. Общие сведения .....	443
13.2. Автоматическое повторное включение.....	443
13.3. Автоматическое включение резервного питания.....	447
13.4. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок.....	452
13.5. Автоматическая разгрузка по частоте .....	458
13.6. Телемеханизация в системах электроснабжения .....	461
Контрольные вопросы.....	465
Темы рефератов.....	466

## **Глава 14**

<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>467</b>
14.1. Общие сведения .....	469
14.2. Тарифы на электроэнергию.....	470
14.3. Учет и контроль электропотребления.....	475
14.4. Измерение электрических величин .....	480
14.5. Испытания заземляющих устройств.....	483
14.6. Определение мест повреждения кабельных линий.....	486
Контрольные вопросы.....	489
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>490</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</b>	<b>492</b>