

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

Составитель И. Н. Паскарь

## **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

### **Методические материалы к самостоятельной работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика  
и электротехника» в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2022

**Рецензенты:**

**Тихомиров Е. А.** – заместитель главного энергетика ООО «ПО «ТОКЕМ»

**Маслов И. П.** – доцент, заведующий кафедрой «Общей электротехники», председатель учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

**Паскарь Иван Николаевич**

**Электроснабжение потребителей электрической энергии** : методические материалы к самостоятельной работе, для обучающихся направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроэнергетика», всех форм обучения / сост.: И. Н. Паскарь ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева – Кемерово, 2022. – Текст электронный.

Приведены общие положения для выполнения самостоятельной работы, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины, формы и сроки текущего и промежуточного контроля, рекомендуемая литература.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Электроснабжение потребителей электрической энергии» и организация самостоятельных работ.

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2022

© Паскарь И.Н.,  
составление, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ДЛЯ ЗФО.....	6
1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	6
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА .....	6
3. ПОРЯДОК РАСЧЕТА .....	7
3.1. Расчет электрических параметров сети .....	7
3.2. Расчет электрических режимов .....	7
3.3. Расчет годовых потерь электроэнергии .....	8
3.4. Выводы .....	8
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОМУ ЗАДАНИЮ .....	8
4.1. Выбор числа цепей и сечения проводов линий .....	8
4.2. Выбор количества и мощности трансформаторов на понижающих подстанциях .....	9
4.3. Схема замещения электрической сети и определение ее параметров .....	10
4.4. Электрический расчет режимов .....	11
4.4.1. Расчет потоков мощности по всем участкам сети .....	11
4.4.2. Расчет напряжений на шинах потребителей электроэнергии .....	13
5. ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ .....	13
ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ .....	14
ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ .....	14
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	17
Профессиональные базы данных и информационные справочные системы .....	17
Периодические издания .....	18

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Важным компонентом обучения является самостоятельная работа обучающихся, направленная на формирование компетенций, необходимых не только в учебной, но и в будущей практической деятельности.

Для обучающихся очной формы. Самостоятельная работа заключается в конспектировании. В течение семестра *каждые четыре недели* ведется контроль самостоятельной работы. Обучающийся сдает конспект, сделанный в письменном или в электронном (по согласованию с преподавателем) виде. План конспектов редактируется лектором в зависимости от того, что было пройдено на лекциях. Лектор после каждой лекции (*но не позднее, чем на следующий день*) выдает старосте группы задание на самостоятельное изучение.

Для допуска на экзамен обучающийся должен выполнить следующие требования:

- сдать все конспекты самостоятельной работы преподавателю;
- выполнить и защитить все практические работы.

Билет на экзамене содержит 3 теоретических вопроса. Обучающийся готовится 1 академический час, затем сдает преподавателю в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя) свой ответ.

Темы для самостоятельной работы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Теоретическая часть самостоятельной работы

Вид СРС	Литература
1	2
<b>1. Электрическое освещение</b> Требования СНиП и ПУЭ к его устройству. Аварийное освещение. Выполнение и защита осветительных сетей.	1, 2, 4, 5
<b>2. Электротермическое оборудование</b> Основные понятия по электротехнологическому оборудованию. Печи сопротивления. Работа в системе электроснабжения. Режимы работы печей. Расчет основных элементов печей сопротивления.	1, 2, 4, 5

Вид СРС	Литература
1	2
<b>3. Оборудование индукционного нагрева</b> Физические основы работы электрооборудования индукционного нагрева. Индукционные печи. Схемы электроснабжения, электрооборудование печей. Индукционные установки. Схемы электроснабжения, электрооборудование установок.	1, 2, 4, 5
<b>4. Электрооборудование технологии сварки металлов</b> Основы физики получения электрической дуги и ее использования. Классификация сварки металлов. Схемы электроснабжения сварочного производства. Источники питания (сварочные трансформаторы, генераторы). Современные технологии сварки.	1, 2, 4, 5
<b>5. Магнитно-импульсные, электрогидравлические и ультразвуковые установки</b> Основные принципы технологии. Схемы электроснабжения.	1, 2, 4, 5
<b>6. Электрофильтры, электросепараторы, установки электростатической окраски</b> Основные принципы технологии. Схемы электроснабжения.	1, 2, 4, 5
<b>7. Электротехнологическое оборудование металлургической промышленности</b> Основные принципы технологии получения металлов в дуговых сталеплавильных печах. Схемы электроснабжения дуговых сталеплавильных печей. Электротехнологическое оборудование сталеплавильных печей.	1, 2, 4, 5
<b>8. Электротехнологическое оборудование химических производств</b> Электрофизические процессы в химическом производстве. Электролитический способ получения химических продуктов. Схемы электроснабжения и их особенности. Электротехнологическое оборудование.	1, 2, 4, 5
<b>9. Электроснабжение тяговых потребителей</b> Общие сведения об электрических железных дорогах и электрическом подвижном составе. Тяговые электрические двигатели. Сила тяги электровоза и ее реализация. Пуск и торможение электрического подвижного состава. Электрооборудование электрического подвижного состава. Электроснабжение электрического подвижного состава и не тяговых потребителей на электрических железных дорогах.	3

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ДЛЯ ЗФО

### 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Ключом к выбору своего варианта исходных данных являются первые три буквы фамилии и инициалы обучающегося. Так, обучающийся Иванов Сергей Петрович будет иметь шифр задания ИВАСП. Это означает, что из первой таблицы следует взять вариант – И, из второй – В, из третьей – А и т. д.

В данном контрольном задании предлагается выполнить электрический расчет радиальной электрической сети, схема которой приведена ниже на рис. 1.

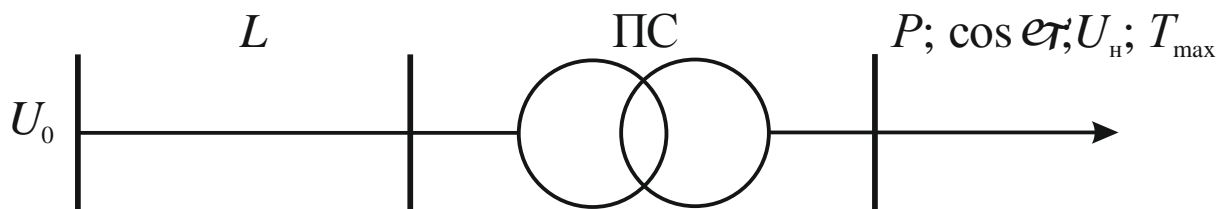


Рис. 1. Схема электрической сети

### 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

1. Номинальное напряжение электроприемников  $U_n = 10$  кВ.
2. По надежности электроснабжения потребители отнесены к 1-й и 2-й категориям.
3. Параметры нагрузки и линии электрической сети заданы в табл. 2-6, шифр задания определяется по фамилии, имени и отчеству (см. раздел 1. Общие методические указания).

Таблица 2

Напряжение источника питания  $U_0$ , кВ

Режим	АБД	ВЗ	ЕЖЪ	ИКЪ	ЛМЫ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШ	ЭЮЯ
Макс. и послеаварийный	37,3	37,5	38,0	38,5	37,5	38,4	38,5	37,5	38,0	38,6
Минимальный	36,3	36,5	37,7	37,3	36,8	36,5	36,5	36,9	36,3	37,5

Таблица 3

Активная мощность потребителя  $P$ , МВт

Режим	АБД	ВЗ	ЕЖЬ	ИКЪ	ЛМЫ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШ	ЭЮЯ
Макс. и послеаварийный, $P_{\max}$	5	6	7	8	8	8	9	1	2	3
Минимальный, $P_{\min}$	3	4	5	6	7	5	8	8	9	10

Таблица 4

Коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi$ 

	АБД	ВЗ	ЕЖЬ	ИКЪ	ЛМЫ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЦ	ЭЮЯ
$\cos \varphi$	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89

Таблица 5

Число часов использования наибольшей нагрузки  $T_{\max}$ , час

	АБД	ВЗ	ЕЖЬ	ИКЪ	ЛМЫ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЦ	ЭЮЯ
$T_{\max}$	2600	3200	3600	4200	4700	5000	5300	5700	6000	6500

Таблица 6

Длина линии электропередач (ЛЭП)  $L$ , км

	АБД	ВЗГ	ЕЖЬ	ИКЪ	ЛМЫ	НОП	РСТ	УФХ	ЦЧШЦ	ЭЮЯ
Длина	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

Пользуясь исходными данными, выполнить электрический расчет заданной на (рис. 1) схемы в соответствии с приведенным ниже заданием.

### 3. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

#### 3.1. Расчет электрических параметров сети

- Выбор числа цепей и сечения проводов ЛЭП.
- Выполнение необходимых проверок выбранного провода.
- Выбор количества и мощности трансформаторов на подстанции (ПС).
- Составление схемы замещения электропередачи и определение ее параметров.

#### 3.2. Расчет электрических режимов

- Расчет потоков мощности по участкам схемы.
- Расчет напряжения в узлах схемы сети.

– Выполнение регулирования напряжения на шинах подключения потребителя.

*Примечание:* Расчет режимов в объеме, следует выполнить для максимального режима.

### **3.3. Расчет годовых потерь электроэнергии**

### **3.4. Выводы**

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОМУ ЗАДАНИЮ**

### **4.1. Выбор числа цепей и сечения проводов линий**

Число цепей ЛЭП  $n$  выбирается в зависимости от величины нагрузки и категории потребителей по степени бесперебойности электроснабжения. Для потребителей первой категории выбираются две цепи ЛЭП. При выборе сечений проводов основным является экономический критерий. В практических расчетах этот критерий заложен, например, в понятие экономической плотности тока  $j_{\text{ЭК}}$ , А/мм<sup>2</sup> и в методе экономических интервалов. Первый из них используется в данном контрольном задании. В этом случае расчетная величина сечения провода  $F_{\text{расч}}$ , мм<sup>2</sup>, определяется по следующей формуле

$$F_{\text{расч}} = \frac{I_{\text{max}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{max}}$  – ток максимального режима в одной цепи линии электропередач.

Ток максимального режима в одной цепи линии можно вычислить следующим образом:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{max}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}} \cos \varphi n}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{max}}$  – активная мощность потребителя в режиме максимальных нагрузок;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности потребителя;  $U_{\text{н}}$  – номинальное напряжение линии электропередач;  $n$  – число цепей линии электропередач.

Здесь номинальное напряжение сети  $U_{\text{н}}$  равно 35 кВ. Полученное в расчете сечение округляется до ближайшего стандарт-



ного, имеющегося в справочниках. Рекомендуется выбирать сталеалюминевые провода (АС).

Сечения проводов, выбранных по экономическому критерию, проверяются на соответствие ряду технических условий. При номинальном напряжении 35 кВ сечения проверяются:

- 1) по «короне»;
- 2) по механической прочности проводов и опор ЛЭП;
- 3) по допустимой токовой нагрузке (по нагреву);
- 4) по допустимым потерям напряжения.

Проверке *«по короне»* подлежат воздушные линии 110 кВ и выше, проходящие выше 1500 м над уровнем моря. При более низких отметках проверка не производится, т.к. при использовании метода экономической плотности тока при выборе сечения следует принимать его не меньшим допустимого по условию «короны». Экономические интервалы нагрузки подсчитаны для сечений, допустимых по условию «короны».

Воздушные ЛЭП напряжением 35 кВ со сталеалюминевыми проводами должны иметь сечение не менее 35 и не более 150 мм<sup>2</sup>. Тем самым гарантируется *механическая прочность* проводов и опор.

При проверке *«по нагреву»* рассматриваются режимы, когда по проверяемой линии протекают наибольшие токи. В этом случае сечение проводов двухцепной линии проверяется при отключении одной из цепей ( $n = 1$ ) в период максимальной нагрузки. При этом значение тока в послеаварийном режиме  $I_{п/ав}$  не должно превышать значение длительно допустимого тока  $I_{доп}$  для выбранного сечения провода.

Проверке *по потерям напряжения* воздушные линии 35 кВ и выше не подлежат, так как повышение уровня напряжения путем увеличения сечения проводов по сравнению с применением на понижающих подстанциях трансформаторов с РПН, экономически не оправдано.

#### **4.2. Выбор количества и мощности трансформаторов на понижающих подстанциях**

Для потребителей первой категории на подстанциях предусматривается установка не менее двух трансформаторов. При выборе мощности трансформатора необходимо учесть, что в послеаварийных режимах допускается на ограниченное время пере-

грузки одного трансформатора сверх номинальной мощности дополнительно до 40 %. Тогда при установке на подстанции нескольких трансформаторов –  $n$ , расчетная мощность каждого из них  $S_{\text{расч.}}$  определяется по формуле

$$S_{\text{тр.расч}} = \frac{S_{\text{max}}}{\beta(n-1)}, \quad (3)$$

где  $S_{\text{макс}}$  – модуль полной мощности нагрузки в максимальном режиме;  $\beta = 1,4$  – коэффициент допустимой перегрузки одного трансформатора.

По расчетной мощности трансформатора в справочнике выбирается ближайший больший по номинальной мощности понижающий трансформатор.

#### 4.3. Схема замещения электрической сети и определение ее параметров

Параметры схемы замещения сети (сопротивления и проводимости) рассчитываются для каждого элемента электрической сети. В сетях 35 кВ зарядная мощность ЛЭП оказывается несоизмеримо меньше реактивной мощности нагрузки  $Q_{\text{нагр.}}$ , поэтому для упрощения расчетов в схему замещения (рис. 2) в данном контрольном задании ее можно не вводить.

На схеме замещения электрической цепи, приведенной на рис. 2, обозначены параметры, расчет которых приведен ниже.

Сопротивление ЛЭП:

$$\underline{Z}_{\text{л}} = \frac{L}{n}(R_0 + jX_0), \quad (4)$$

где  $R_0$  и  $X_0$  – погонные активное и реактивное сопротивления проводов ЛЭП, Ом/км;  $n$  – число цепей ЛЭП;

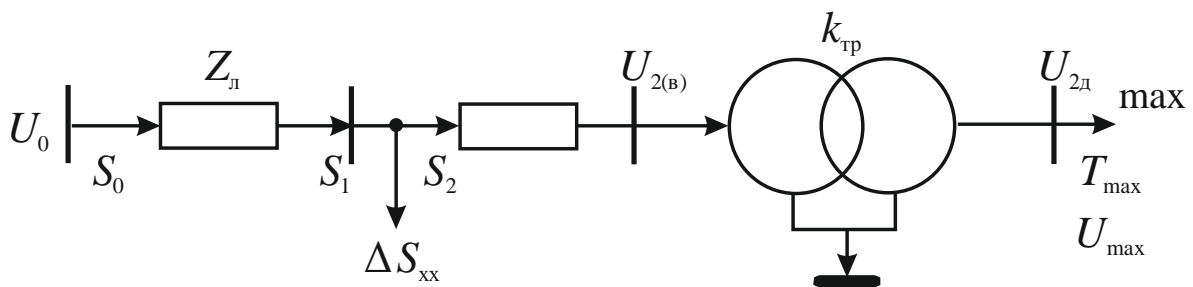


Рис. 2. Схема замещения электрической сети

## Сопротивление трансформаторов

$$\underline{Z}_{\text{тр}} = \frac{R_{\text{тр}} + jX_{\text{тр}}}{n}. \quad (5)$$

Расчет параметров трансформатора производится по каталожным данным трансформатора. При этом значения сопротивлений приводятся к высшему напряжению.

Активное сопротивление трансформатора, Ом:

$$R_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{кз}} \frac{U_{\text{н.в.}}^2}{S_{\text{ном}}^2}. \quad (6)$$

Индуктивное сопротивление трансформатора, Ом:

$$X_{\text{тр}} = \frac{u_{\text{кз}} U_{\text{нв}}^2}{100 S_{\text{ном}}}, \quad (7)$$

где  $\Delta P_{\text{кз}}$ , кВт и  $u_{\text{кз}}$ , % – потери активной мощности и напряжение короткого замыкания трансформатора;  $U_{\text{нв}}^2$ , кВ и  $S_{\text{ном}}$ , МВА – номинальные значения напряжения обмотки высшего напряжения и мощности трансформатора.

Все эти данные для принятой марки трансформатора находятся в справочниках.

### 4.4. Электрический расчет режимов

Рассчитать режим работы электрической сети – значит, найти все потоки мощности по всем участкам сети с учетом потерь мощности в них и рассчитать напряжения во всех узлах, учитывая потери напряжения в элементах сети. В качестве примера ниже приводится методика расчета максимального режима. Другие режимы рассчитываются аналогично, используя значения параметров, соответствующих рассчитываемому режиму.

#### 4.4.1. Расчет потоков мощности по всем участкам сети

Приступая к расчету режима, следует на схеме замещения обозначить все потоки мощности по участкам сети и напряжения во всех узлах сети. Например, как показано на рис. 2, где обозначены:  $\underline{S}_0$ ,  $\underline{S}_1$ ,  $\underline{S}_2$  – комплексные значения потоков мощности по участкам сети;  $U_0$ ,  $U_1$ ,  $U_{2(\text{в})}$  и  $U_{2\text{д}}$  – модули напряжений в узлах

сети. Расчет потоков мощности по элементам сети проводится от «конца» схемы (где подключена нагрузка) к ее началу (где подключен источник питания).

При расчете потерь мощности в элементах сети используются мощность и напряжение одного и того же узла.

Потери мощности в сопротивлении трансформатора в максимальном режиме можно вычислить по формуле

$$\Delta \underline{S}_{\text{тр}} = \underline{Z}_{\text{тр}} \left( \frac{S_{\text{max}}}{U_{2(\text{в})}} \right)^2, \quad (8)$$

где  $U_{2(\text{в})}$  – напряжение на шинах низшего напряжения трансформатора, приведенное к высшей ступени трансформации.

Аналогично для ЛЭП

$$\Delta \underline{S}_{\text{л}} = \underline{Z}_{\text{л}} \left( \frac{S_1}{U_2} \right)^2, \quad (9)$$

предварительно рассчитав мощность  $S_1$  (см. ниже 12).

Поскольку на первом этапе расчетов напряжения в узлах не известны, то в первом приближении вместо них можно принять  $U_{2(\text{в})} = U_1 = U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$ , тогда формулы (8) и (9) для расчета потерь мощности примут вид:

$$\Delta \underline{S}_{\text{тр}} = \underline{Z}_{\text{тр}} \left( \frac{S_{\text{max}}}{U_{\text{ном}}} \right)^2, \quad (10)$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{л}} = \underline{Z}_{\text{л}} \left( \frac{S_1}{U_{\text{ном}}} \right)^2. \quad (11)$$

Расчет потоков мощности по участкам сети производится в следующей последовательности:

$$\begin{aligned} \underline{S}_2 &= \underline{S}_{\text{max}} + \Delta \underline{S}_{\text{тр}}; \\ \underline{S}_1 &= \underline{S}_2 + \Delta \underline{S}_{\text{хх}}; \\ \underline{S}_0 &= \underline{S}_1 + \Delta \underline{S}_{\text{л}}. \end{aligned} \quad (12)$$

#### 4.4.2. Расчет напряжений на шинах потребителей электроэнергии

Расчет напряжений проводится в направлении от источника питания, где напряжение задано, и к данному моменту рассчитана мощность начала линии. При расчете потерь напряжения также используются значения мощности и напряжения одного и того же узла схемы. Так, потери напряжения на сопротивлении ЛЭП определяются как

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{P_0 R_{\text{л}} + Q_0 X_{\text{л}}}{U_0}, \quad (13)$$

напряжение в узле 1

$$U_1 = U_0 - \Delta U_{\text{л}}. \quad (14)$$

Аналогично

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{P_2 R_{\text{тр}} + Q_2 X_{\text{тр}}}{U_1}, \quad (15)$$

напряжение в узле 2

$$U_{2(\text{в})} = U_1 - \Delta U_{\text{тр}}. \quad (16)$$

Оценить величину напряжения, получаемого электроприемником, можно воспользовавшись **номинальным коэффициентом трансформации  $k_{\text{тр.ном}}$** :

$$U_{2(\text{н})} = \frac{U_{2(\text{в})}}{k_{\text{тр.ном}}} = \frac{U_{2(\text{в})} U_{\text{ном.н}}}{U_{\text{ном.в}}}, \quad (17)$$

где  $U_{\text{ном.в}}$  и  $U_{\text{ном.н}}$  – номинальные напряжения для обмоток низшего и высшего напряжений трансформатора, которые принимаются по каталожным данным.

## 5. ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В этом пункте необходимо проанализировать все расчеты и ответить на вопрос: обеспечивает ли спроектированная Вами электрическая сеть электропотребителя электроэнергией с необходимыми ему параметрами.

Вывод подтвердить полученными результатами расчетов.

## **ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ**

Формой промежуточной аттестации является экзамен, в процессе которого определяется сформированность обозначенных в рабочей программе компетенций. Экзамен принимает лектор. Аттестация проводится в устной форме по билетам. Преподавателю предоставляется право задавать дополнительные вопросы сверх содержимого билета, а также помимо теоретических вопросов, давать задачи и примеры, связанные с курсом. Время подготовки обучающегося для последующего ответа не более одного академического часа.

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Технологические электроустановки как средство воздействия на качество электроэнергии.
2. Обеспечение электромагнитной совместимости электроприемников и сетей.
3. Электрическое освещение, требования СНиП и ПУЭ к его устройству.
4. «Классы защиты» и «Степень защиты» светильника.
5. Аварийное освещение.
6. Выполнение и защита осветительных сетей.
7. Краткая характеристика средств освещения.
8. Точечный метод расчета освещения.
9. Метод коэффициента использования осветительной установки.
10. Требования к качеству освещения при проектировании осветительных установок.
11. Выполнение аварийного освещения.
12. Организация аварийного освещения.
13. Электрофизические процессы в химическом производстве.
14. Электролитический способ получения химических продуктов.
15. Получение чистых металлов из руд путем электролиза.
16. Гальваностегия.
17. Электролитический способ получения химических продуктов.
18. Схемы электроснабжения электролизеров и их особенности.
19. Особенности преобразовательных подстанций.
20. Классификация ТЭД.

21. Свойства и характеристики ТЭД постоянного тока.
22. Способы регулирования частоты вращения якоря ТЭД постоянного тока.
23. Способы регулирования напряжения ТЭД.
24. Способ регулирования магнитного потока ТЭД.
25. Электровозы с асинхронными тяговыми двигателями.
26. Электровозы с вентильными синхронными двигателями.
27. Условия реализации силы тяги.
28. Сила тяги электровоза.
29. Тяговый электропривод.
30. Пуск ЭПС постоянного тока.
31. Основные закономерности пуска электрического подвижного состава.
32. Пуск ЭПС переменного тока.
33. Физические основы торможения ЭПС.
34. Виды торможения ЭПС.
35. Механический колесно-колодочный тормоз.
36. Сущность электрического торможения.
37. Рекуперативное торможение.
38. Физическая сущность сварки.
39. Способы сварки.
40. Способы сварки давлением без подогрева («М»-способы).
41. Контактная точечная сварка.
42. Диффузионная сварка.
43. Способы сварки плавлением («Т»-термические процессы).
44. Сварка под слоем флюса.
45. Электрошлаковая сварка.
46. Ручная дуговая сварка.
47. Сварочные трансформаторы.
48. Трехфазные сварочные трансформаторы.
49. Сварочные выпрямители.
50. Преимущества и недостатки сварки металла как способа соединения.
51. Современные технологии сварки.
52. Особенности газовой сварки.
53. Электроприемники предприятий химической и нефтехимической промышленности.
54. Общие сведения о печах. Электрический нагрев и его приме-

нение в промышленности.

55. Достоинства электрического нагрева. Теплопередача в печах. Экономия электроэнергии в печах.

56. Классификация электрических печей. Материалы для электрических печей.

57. Особенности электрооборудования печей сопротивления и схемы управления.

58. Регулирование мощности печей сопротивления с тиристорным преобразователем.

59. Классификация индукционных печей, их назначение, достоинства и недостатки.

60. Устройство индукционных печей с железным сердечником.

61. Особенности устройства тигельных печей.

62. Схемы питания индукционных печей.

63. Особенности электрооборудования индукционных печей и их работа.

64. Диэлектрический поверхностный нагрев заготовок. Регулирование мощности индукционных печей с помощью бесконтактных регуляторов.

65. Классификация, устройство и работа дуговых печей. Схемы питания печей.

66. Особенности электрооборудования дуговых печей, их работа.

67. Электрический режим работы дуговых печей. Автоматическое регулирование мощности дуговых печей с тиристорным регулятором.

68. Классификация электросварочных установок. Характеристика дуги. Дуговая сварка.

69. Особенности электрооборудования электросварочных трансформаторов и выпрямителей для сварки. Их работа, устройство, характеристики, электрические схемы.

70. Техничко-экономические показатели электросварочных установок.

71. Сварочные преобразователи постоянного тока.

72. Особенности устройства и работы сварочных генераторов. Соединение обмоток генераторов.

73. Характеристики сварочных генераторов. Область их применения и особенности эксплуатации.



74. Принцип контактной сварки, ее разновидности. Точечная сварка. Шовная сварка.

75. Особенности электрооборудования контактной сварки. Электрические схемы сварки. Область применения контактной сварки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жур, А. И. Электрооборудование предприятий и гражданских зданий / А. И. Жур. – Минск : РИПО, 2019. – 308 с. – URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=600084](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=600084) (дата обращения: 20.03.2022). – Текст : электронный.
2. Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. – Москва|Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 149 с. – URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=493858](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=493858) (дата обращения: 20.03.2022). – Текст : электронный.
3. Крюков, А. В. Электроснабжение и электропитание нетяговых потребителей железнодорожного транспорта / А. В. Крюков, В. П. Закарюкин. – Москва, Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 294 с. – URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=572456](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=572456) (дата обращения: 20.03.2022). – Текст : электронный.
4. Осташенков, А. П. Электрооборудование промышленных и сельскохозяйственных предприятий / А. П. Осташенков, А. А. Медяков, К. М. Воробьев. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2019. – 68 с. – URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=562252](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=562252) (дата обращения: 20.03.2022). – Текст : электронный.
5. Щеглов, Н. В. Электрооборудование высокого напряжения и его эксплуатация: учеб. пособие / Н. В. Щеглов. – Санкт-Петербург, 2017. – 139 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118171> (дата обращения: 24.10.2021). – Текст : электронный.

## Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>

2. Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
3. Электронная библиотека КузГТУ  
[https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=230&Itemid=229](https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=229)
4. Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://urait.ru/>
5. Справочная правовая система «КонсультантПлюс»  
<http://www.consultant.ru/>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU  
[https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp?](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp?)
7. Национальная электронная библиотека <https://rusneb.ru/>

### **Периодические издания**

1. Power Engineering : журнал на англ. яз. (печатный).
2. Гидротехническое строительство : научно-технический журнал (печатный).
3. Глюкауф [журнал на рус. яз.] (С 2013 г. Майнинг Репорт Глюкауф) : журнал по сырью, горной промышленности, энергетике (печатный).
4. Горное оборудование и электромеханика : научно-практический журнал (печатный/электронный)  
<https://gormash.kuzstu.ru/>
5. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики : научно-технический и производственный журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7722>
6. Известия высших учебных заведений. Электромеханика : научно-технический журнал (печатный/электронный)  
<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7820>
7. Известия Российской академии наук. Энергетика : журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9333>
8. Приборы и техника эксперимента : журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7954>
9. Промышленная энергетика : производственно-технический журнал (печатный).
10. Радио : массовый научный-технический журнал: аудио- видео- связь- электроника- компьютеры (печатный).
11. Современная электроника : производственно-практический журнал (печатный).

12. Теплоэнергетика : теоретический и научно-практический журнал (печатный/электронный)

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8246>

13. ТЭК и ресурсы Кузбасса : региональный научно-производственный и социально-экономический журнал (печатный).

14. Электрика : научный, производственно-технический и информационно-аналитический журнал (печатный).

15. Электрические станции : производственно-технический журнал (печатный).

16. Электричество : теоретический и научно-практический журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9289>

17. Электроника: наука, технология, бизнес: научно-технический журнал (электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9884>

18. Электротехника : научно-технический журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8295>

19. Электроэнергия. Передача и распределение: журнал (электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=32284>

20. Энергетик : производственно-массовый журнал (печатный).

21. Энергия: экономика, техника, экология : научно-популярный и общественно-политический журнал (печатный/электронный) <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9296>

22. Энергосбережение : специализированный журнал (печатный).

23. Энергохозяйство за рубежом: журнал: приложение к журналу.