

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент **А. В. Белоусов**

« 28 »  2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем  
Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (Е. В. Жилин)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А. В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А. В. Белоусов)

« 26 » апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А. Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
профессиональная	ПК-1. Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов.	ППК-1.6. Участвует в проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий с соблюдением нормативно-технических и энергоэффективных требований	<p><b>Знания</b> основные требования, нормы правил устройства электроустановок, применяемых при проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий.</p> <p><b>Умения</b> проектировать внешних систем электроснабжения промышленных предприятий на основании сведений о электрических нагрузках цеховых электроприемников.</p> <p><b>Навыки</b> выбора всех элементов внешних систем электроснабжения промышленных предприятий, разбираться в ассортименте кабельной продукции, силовых трансформаторов и коммутационной аппаратуры.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-1. Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Инженерная экология
2	Математические задачи электроэнергетики
3	Электроснабжение
4	Переходные процессы в электроэнергетических системах
5	Электроснабжение цеховых электроприемников
6	Электроснабжение промышленных предприятий
7	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
8	Проектирование систем электроснабжения жилых зданий
9	Проектирование систем электроснабжения общественных зданий и сооружений
10	Электрические станции и подстанции
11	Электроэнергетические системы и сети
12	Автоматизированные системы диспетчерского управления
13	Экономика энергетики
14	Производственная преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки

Форма промежуточной аттестации зачет (5 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>71</b>	<b>71</b>
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>73</b>	<b>73</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Зачет	-	-

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным
<b>1. Общие вопросы электроснабжения промышленных предприятий</b>					
1.1	Типы электростанций, электрические системы и управление ими	2	-	-	3
1.2	Классификация приемников электрической энергии и их общие характеристики	2	1	-	3
1.3	Характерные приемники электрической энергии промышленных предприятий	2	1	-	3
<b>2. Электрические нагрузки промышленных предприятий</b>					
2.1	Графики электрических нагрузок	2	4	-	3
2.2	Показатели, характеризующие графики нагрузки и приемники электрической энергии	2	2	-	3
2.3	Методы определения расчетных нагрузок	2	2	-	3
<b>3. Компенсация реактивных мощностей в системах электроснабжения</b>					
3.1	Компенсация реактивных мощностей в системах электроснабжения. Баланс активных и реактивных мощностей. Основные потребители реактивной мощности на промышленных предприятиях	2	2	-	3
3.2	Источники реактивной мощности. Синхронные двигатели как источник реактивной мощности. Силовые конденсаторы. Регулирование мощности компенсирующих устройств.	2	2	-	3
<b>4. Выбор схем электроснабжения</b>					
4.1	Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий	2	2	-	3
4.2	Выбор силовых трансформаторов, электрических аппаратов и токоведущих частей	2	2	-	3
<b>5. Короткие замыкания в системах электроснабжения.</b>					
5.1	Короткие замыкания в системах электроснабжения. Причины возникновения и последствия коротких замыканий. Переходной процесс при трехфазном коротком замыкании	2	3	-	4
5.2	Основные соотношения между токами при трехфазном коротком замыкании. Система относительных единиц. Расчетные схемы определения результирующих сопротивлений цепи короткого замыкания.	2	3	-	4
<b>6. Выбор коммутационных аппаратов и проводников напряжением выше 1 кВ</b>					

6.1	Выбор проводников напряжением выше 1 кВ. Выбор сечения кабельных и воздушных линий по экономической плотности тока и допустимым токам нагрева в нормальном режиме.	2	2	-	4
6.2	Выбор коммутационных аппаратов системы электроснабжения промышленных предприятий напряжением выше 1 кВ	2	2	-	4
6.3	Компоновка распределительных устройств напряжением выше 1 кВ. Комплектные распределительные устройства напряжением выше 1 кВ.	2	2	-	3
6.4	Проверка коммутационных аппаратов и проводников по токам короткого замыкания системы электроснабжения промышленных предприятий.	2	2	-	3
<b>7. Качество электроэнергии в системах электроснабжения</b>					
7.1	Качество электроэнергии в системах электроснабжения объектов. Показатели качества электроэнергии. Влияние качества электроэнергии на элементы системы электроснабжения.	2	2	-	3
<b>ВСЕГО</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>55</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 5</b>				
1.	Общие вопросы электроснабжения промышленных предприятий	Классификация приемников электрической энергии и их общие характеристики	1	1
		Характерные приемники электрической энергии промышленных предприятий	1	1
2.	Электрические нагрузки промышленных предприятий	Графики электрических нагрузок	4	4
		Показатели, характеризующие графики нагрузки и приемники электрической энергии	2	2
		Методы определения расчетных нагрузок	2	2
3.	Компенсация реактивных мощностей в системах электроснабжения	Расчет и выбор компенсирующих устройств на базе статических батарей конденсаторов	2	2
		Расчет и выбор компенсирующих устройств на базе использования синхронных двигателей	2	2
4.	Выбор схем электроснабжения	Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий	2	2
		Выбор силовых трансформаторов, электрических аппаратов и токоведущих частей	2	2
5.	Короткие замыкания в системах электроснабжения	Расчет токов КЗ в произвольный момент времени по расчетным кривым	3	3
		Расчет токов КЗ в сетях и установках напряжением до 1 кВ	3	3

6.	Выбор коммутационных аппаратов и проводников напряжением выше 1 кВ	Выбор проводников напряжением выше 1 кВ. Выбор сечения кабельных и воздушных линий по экономической плотности тока и допустимым токам нагрева в нормальном режиме.	2	2
		Выбор коммутационных аппаратов системы электроснабжения промышленных предприятий напряжением выше 1 кВ	2	2
		Компоновка распределительных устройств напряжением выше 1 кВ. Комплектные распределительные устройства напряжением выше 1 кВ.	2	2
		Проверка коммутационных аппаратов и проводников по токам короткого замыкания системы электроснабжения промышленных предприятий.	2	2
8.	Качество электроэнергии в системах электроснабжения	Качество электроэнергии в системах электроснабжения объектов. Показатели качества электроэнергии. Влияние качества электроэнергии на элементы системы электроснабжения.	2	2
ИТОГО:			34	34

### 4.3 Содержание лабораторных занятий

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовой проект /работа учебным планом не предусмотрены.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания

Тема РГЗ – расчет и построение внешней схемы электроснабжения промышленного предприятия. Объем – 15-20 стр.

Цель РГЗ – научить студента рассчитывать внешнюю систему электроснабжения промышленных предприятий.

Основные задачи, решаемые в РГЗ:

- расчет электрических нагрузок промышленных предприятий;
- выбор силовых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности;
- выбор коммутационных аппаратов и проводников напряжением выше 1 кВ;
- расчет токов короткого замыкания;
- проверка коммутационных аппаратов и проводников по токам короткого замыкания системы электроснабжения промышленных предприятий.

Пример задания РГЗ

На рис. 1 представлена расчетная схема промышленного предприятия.

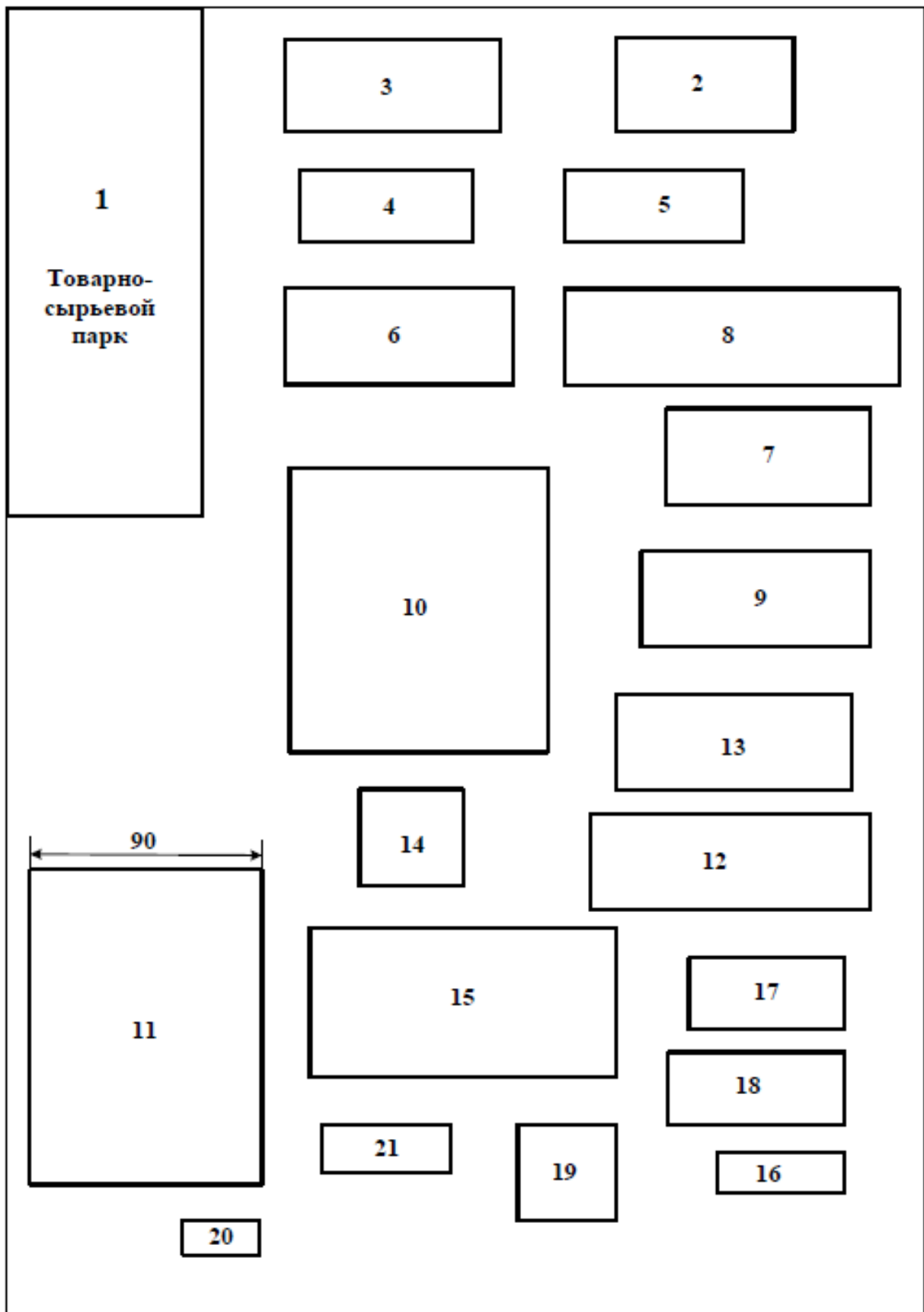


Рис. 1. Генеральный план промышленного предприятия



## Ведомость электрических нагрузок

Таблица 1

Наименование подразделения	P <sub>уст</sub> , кВт (по вариантам)				
	1	2	3	4	5
1. Товарно-сырьевой парк	180	196	185	210	250
2. Нефтебаза	880	563	1065	1267	1487
3. Насосная товарного парка	1800	1512	1968	1752	1852
4. Установка депарафинизации(ДПУ)	1000	640	1210	1440	1690
5. Насосная мазута	1000	640	1210	1440	1690
6. Электрообессоливающая установка (Элоу)	1500	960	1815	2160	2535
7. Водонасосная	1200	768	1452	1728	2028
8. Блок обратного водоснабжения	2300	1472	2783	3312	3887
9. Очистные сооружения	1600	1520	1700	1720	1590
10. Установка каталитического рифнга (10 кВ)	3800	2400	4500	5400	6400
11. Газофракционная установка (ГФУ)	4880	4100	6000	5000	6200
12. Теплоцентр	2000	1280	2420	2880	3380
13. Котельная	1580	1600	1610	1570	1620
14. Этилосмесительная установка (ЭТСУ)	700	448	847	1008	1183
15. Компрессорная (10 кВ)	2800	3000	2850	2900	2700
16. Административный корпус, маркетинг	220	177	145	173	230
17. Лабораторный корпус (ЦЗЛ)	900	576	1089	1296	1521
18. Электроцех	1180	755	1428	1699	1994
19. РМЦ	700	448	847	1008	1183
20. Гараж	150	96	182	216	254
21. Газоспасательная служба	370	301	269	277	294
Освещение цехов и территории завода	Определить по площади				

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1.** Способен участвовать в проектировании систем электро-снабжения объектов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.6. Участвует в проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий с соблюдением нормативно-технических и энергоэффективных требований	Зачет, расчетно-графическое задание, тесты, практические занятия, собеседование.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце **6-го семестра** изучения дисциплины в форме зачета.

### Вопросы для подготовки к зачету

1. Основные понятия и определения электроснабжения промышленных предприятий.
2. Типы электростанций, электрические системы и управление ими.
3. Состояние систем промышленного электроснабжения.
4. Классификация приемников электрической энергии и их общие характеристики.
5. Характерные приемники электрической энергии промышленных предприятий.
6. Основные определения и обозначения нагрузок промышленных предприятий.
7. Графики электрических нагрузок.
8. Показатели, характеризующие графики нагрузки.
9. и приемники электрической энергии.
10. Характерные места определения расчетных электрических нагрузок.
11. Методы определения расчетных нагрузок.
12. Основные виды короткого замыкания. Причины возникновения короткого замыкания.
13. Расчет токов короткого замыкания.
14. Классификация схем электроснабжения промышленных предприятий.
15. Источники питания в системах электроснабжения.
16. Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий.
17. Выбор силовых трансформаторов.
18. Требования к цеховым схемам электроснабжения.
19. Радиальные и магистральные схемы цеховых сетей.
20. Выбор напряжения для питания приемников в цехах.
21. Защита цеховых сетей.
22. Выбор сечения проводов, кабелей и шин силовых приемников.
23. Электрические сети осветительных установок.
24. Электрические измерения в системах электроснабжения.
25. Сигнальные устройства.
26. Источники питания вспомогательных устройств.
27. Значение качества электроэнергии.
28. Классификация показателей качества электроэнергии.
29. Отклонение напряжения.
30. Размах изменения напряжения.
31. Несимметрия напряжений.
32. Несинусоидальность формы кривой напряжения и тока.
33. Отклонения и колебания частоты.
34. Законы распределения случайных величин в задачах надежности электроснабжения.

## 35. Методы расчета показателей надежности систем электроснабжения.

### Пример тестов для контроля освоения материала

Приемник электрической энергии (электроприемник) – это:

- 1) **Аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии;**
  - 2) Аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования параметров электроэнергии (напряжения и частоты);
  - 3) Аппарат, агрегат и др., предназначенный как для преобразования электроэнергии в другой вид энергии, так и для преобразования параметров электроэнергии;
  - 4) Аппарат, агрегат и др., объединенный с другим аппаратом, агрегатом и др. общим технологическим процессом.
- , питающиеся от общего для всех источника питания (общих источников питания).

Выберите правильный ряд номинальных значений напряжения:

- 1) **6, 10, 35, 110, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ**
- 2) 35, 10, 48, 220, 380, 500, 750, 1000, 1150 кВ
- 3) 6, 12, 24, 48, 110, 220, 380, 500, 750, 1150 кВ
- 4) 10, 35, 110, 220, 330, 380, 500, 750, 1150 кВ
- 5) 12, 24, 33, 48, 250, 330, 550, 750, 1150 кВ

Какой вид топологии распределительной схемы применяется для промышленного предприятия без специального обоснования?

- 1) **Магистральная**
- 2) Смешанная
- 3) Все перечисленные
- 4) Радиальная

Какой вид топологии распределительной схемы применяется для электро-приемников, расположенных в зонах В-I и В-1а?

- А) Все перечисленные
- Б) Радиальная**
- В) Магистральная
- Д) Смешанная

В каком режиме работы нейтрали ток нулевой последовательности отсутствует?

- а) Режим заземленной нейтрали
- б) Режим изолированной нейтрали**
- с) Режим замкнутой нейтрали
- д) Режим неуравновешенной нейтрали

Какое утверждение относительно графиков нагрузки верно?

- а) График нагрузки показывает изменения потребления электроэнергии в течение дня, недели, месяца или года.**
- б) График нагрузки показывает только суммарное потребление электроэнергии за определенный период времени.

- с) График нагрузки не имеет никакого отношения к потреблению электроэнергии.
- d) График нагрузки показывает только максимальную нагрузку на сеть в определенный момент времени.

Показатель, характеризующий отношение средней активной мощности отдельного приёмника (или группы их) к её номинальному значению ( $P_c/P_{ном}$ ) называется:

- 1) коэффициентом загрузки
- 2) коэффициентом формы
- 3) коэффициентом максимума
- 4) коэффициентом заполнения графика активной нагрузки
- 5) коэффициентом использования активной мощности**

Какой метод применим для оценочного определения расчетной нагрузки предприятия на стадии проектирования?

- 1) Метод коэффициента расчетной мощности
- 2) Метод удельной мощности на единицу производственной площади;
- 3) Метод удельной мощности на единицу продукции;**
- 4) Метод коэффициента загрузки.

На какое количество категорий по надежности разделяют электроприемники ?

- 1) 4
- 2) 5
- 3) 2
- 4) 3**

Укажите несуществующее значение трансформатора из номинального ряда мощностей?

- 1) 1000 кВА
- 2) 100 кВА
- 3) 400 кВА
- 4) 300 кВА**

Какую функцию выполняют трансформаторы в составе трансформаторной подстанции цеха?

- a) Понижают напряжение электрической энергии до уровня потребления цеха**
- b) Увеличивают напряжение электрической энергии до уровня потребления цеха
- c) Обеспечивают автоматическую защиту от перегрузок и коротких замыканий
- d) Обеспечивают синхронизацию сети цеха с главной электрической сетью

Что такое компенсация реактивных мощностей в системах электроснабжения?

- a) Увеличение активной мощности системы
- b) Уменьшение реактивной мощности системы**
- c) Увеличение реактивной мощности системы
- d) Уменьшение активной мощности системы

Какие устройства на промышленных предприятиях потребляют реактивную мощность?

- a) Трансформаторы
- b) Электродвигатели**

- c) Силовые кабели
- d) Коммутационные аппараты

Как осуществляется компенсация реактивных мощностей?

- a) **Установкой конденсаторных батарей**
- b) Установкой индуктивных компенсаторов
- c) Установкой активных фильтров
- d) Установкой стабилизаторов напряжения

Какой тип устройства можно использовать для компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий?

- a) Синхронный генератор
- b) Силовой трансформатор
- c) **Силовой конденсатор**
- d) Автоматический выключатель

Укажите точки, для которых ведется расчет тока короткого замыкания для проверки кабелей?

- 1) За трансформаторами
- 2) **В начале кабеля**
- 3) В конце кабеля
- 4) В середине кабеля

От каких параметров зависит ударный коэффициент тока короткого замыкания?

- 1) Ступени селективности
- 2) Расчетной нагрузки
- 3) **Отношения реактивного сопротивления сети к активному**
- 4) Общей протяженности участка сети

Какое общее влияние на ток короткого замыкания оказывают высоковольтные двигатели?

- 1) Никакого
- 2) Уменьшают ток короткого замыкания
- 3) Уменьшают ударный ток
- 4) **Увеличивают ток короткого замыкания**

Что такое короткое замыкание в системах электроснабжения?

- a) Снижение напряжения в сети
- b) Увеличение напряжения в сети
- c) **Снижение сопротивления в цепи**
- d) Увеличение сопротивления в цепи

Каковы последствия короткого замыкания?

- a) Повреждение оборудования
- b) Потеря энергии
- c) Снижение мощности
- d) **Все вышеперечисленные последствия**

От какого конструктивного элемента кабеля зависит его термическая стойкость?

- 1) Материал жилы
- 2) Изоляция жилы**
- 3 Оболочка
- 4) Сечение жилы

Какой фактор не учитывается при выборе проводника напряжением до 1 кВ?

- a) Допустимая температура нагрева проводника
- b) Экономическая плотность тока
- c) Коэффициент мощности
- d) Магнитное поле окружающей среды**

Какой фактор учитывается при выборе сечения проводников по потере напряжения в нормальном режиме?

- a) Допустимая температура нагрева проводника
- b) Экономическая плотность тока
- c) Длина линии и её сопротивление**
- d) Мощность нагрузки

Какая характеристика проводника определяет его термическую стойкость?

- a) Экономическая плотность тока
- b) Допустимая температура нагрева проводника**
- c) Ток нагрузки
- d) Сечение проводника

Какой фактор необходимо учитывать при выборе сечения проводников для снижения потерь напряжения в нормальном режиме?

- a) длина линии;
- b) мощность нагрузки;
- c) материал проводника;
- d) все перечисленное.**

Какое назначение автоматических выключателей в установках напряжением до 1000 В?

- a) Защита электрооборудования от перегрузки и короткого замыкания;**
- б) Регулирование напряжения в электрической сети;
- в) Снижение потерь электроэнергии;
- г) Подключение дополнительного электрооборудования.

Какой аппарат электрической защиты используется для измерения тока высокого напряжения?

- a) Автоматический выключатель
- б) Высоковольтный выключатель
- в) Предохранитель
- г) Трансформатор тока**

Какой аппарат электрической защиты используется для уменьшения напряжения сети на требуемое значение?

- а) Автоматический выключатель
- б) Высоковольтный выключатель
- в) Предохранитель
- г) **Трансформатор напряжения**

Отклонение напряжения может быть:

- а. положительным, отрицательным или нулевым;
- б. только положительным или отрицательным;**
- с. только отрицательным или нулевым;
- д. только нулевым.

Что такое мерцание напряжения?

- а) Резкое изменение напряжения в короткий промежуток времени
- б) Изменение амплитуды напряжения со временем
- с) Медленное изменение формы синусоиды напряжения
- д) Быстрое колебание амплитуды напряжения на частоте, близкой к 50 Гц**

### **Перечень контрольных материалов для защиты расчетно-графического задания**

#### **Примеры типовых вопросов для защиты расчетно-графического задания**

1. Что влияет на выбор схемы и конструктивного исполнения внешней системы электроснабжения промышленных предприятий.
2. Основные схемы внешней системы электроснабжения промышленных предприятий, области их применения, достоинства и недостатки каждой из схем.
3. Основные требования, предъявляемые к внешним системам электроснабжения промышленных предприятий.
4. Назовите основные способы определения расчетных нагрузок.
6. Объяснить метод расчета с использованием коэффициента расчетной мощности.
7. Какие уровни (ступени) системы электроснабжения вы знаете.
8. Как влияет ступень системы электроснабжения на выбор способа расчета нагрузок.
10. Критерии выбора мощности трансформатора ГПП и количества трансформаторов.
11. В каких случаях можно установить одно- двухтрехтрансформаторные цеховые ТП.
12. Как рассчитать потери мощности в трансформаторах.
13. Какие условия и основные допущения принимаются при расчете токов КЗ в системе электроснабжения промышленных предприятий.
14. В каких случаях допускается не учитывать активные сопротивления элементов схемы электроснабжения.
15. Особенности расчета токов КЗ в сетях напряжением выше 1 кВ.
16. Условия выбора и проверки высоковольтных выключателей.
17. Условия выбора и проверки разъединителей и предохранителей.
18. По каким условиям выбирается сечение линии в сетях выше 1 кВ.

19. Поясните сущность выбора сечения проводника по условиям нагрева и согласования выбранного сечения проводника с аппаратами защиты.

20. Выбор аппаратов защиты в сетях выше 1 кВ.

21. Способы уменьшения потерь напряжения.

22. Как определить потери напряжения в основных элементах системы электроснабжения.

23. Критерии проверки выбранных автоматических выключателей по токам короткого замыкания.

24. Критерии проверки выбранных сечений кабельных линий по токам короткого замыкания.

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

Текущий контроль осуществляется в течение 5-го семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий.

Примеры типовых вопросов для практических занятий соответствуют перечню вопросов для зачета.

#### **Примеры типовых вопросов и задач для практических занятий**

Соответствует перечню вопросов для подготовки к зачету.

#### **Примеры типовых задач для практических занятий Задача**

Задан вариант линии электропередачи и годовой график активной нагрузки по продолжительности, а также коэффициент мощности на каждой ступени графика нагрузки.

Вычертить годовые графики активной и полной нагрузки по продолжительности и определить нагрузочные потери электрической энергии следующими методами:

- 1) графического интегрирования (по заданному графику нагрузки);
- 2) среднеквадратичной мощности (тока);
- 3) времени наибольших потерь;
- 4) средних нагрузок.

Среднеквадратичную мощность и время наибольших потерь вычислить двумя способами:

- 1) на основе годового графика нагрузки по продолжительности;
- 2) приближенным способом по эмпирическим зависимостям через понятие времени использования наибольшей нагрузки.

Вычислить различия в потерях энергии (в процентах) по различным методам, приняв за эталонный метод графического интегрирования.

#### **Задача**

Для заданного варианта трансформатора (трансформаторов) и годового графика нагрузки по продолжительности определить годовые потери электроэнергии холостого хода и нагрузочные потери. Расчеты нагрузочных потерь энергии выполнить:



- методом графического интегрирования (на основе заданного графика нагрузки по продолжительности); - методом времени наибольших потерь; - методом средних нагрузок.

При количестве трансформаторов больше одного полагать, что они работают параллельно. В трехобмоточных трансформаторах нагрузка распределена поровну между обмотками среднего и низшего напряжения.

Вычислить потери энергии холостого хода и нагрузочные в процентах от суммарных потерь.

Определить потери реактивной мощности холостого хода  $\Delta Q_X$  в процентах относительно потерь активной мощности холостого хода  $\Delta P_X$ .

Определить нагрузочные потери активной и реактивной мощности ( $\Delta P_N, \Delta Q_N$ ), а также суммарные потери активной и реактивной мощности ( $\Delta P_\Sigma, \Delta Q_\Sigma$ ). Вычислить потери реактивной мощности  $\Delta Q_N$  и  $\Delta Q_\Sigma$  в процентах относительно соответствующих потерь активной мощности.

### Задача

Определить годовые потери электроэнергии в электрической сети. Расчеты нагрузочных потерь энергии выполнить:

- методом графического интегрирования;
- методом времени наибольших потерь, которое вычислить по эмпирическим зависимостям.

### Задача

На трансформаторной подстанции установлены два трансформатора типа ТМ 630/10, включенные параллельно на шины 0,38 кВ, к которым подключена нагрузка потребителей с  $\cos\varphi = 0,8$ . Один из трансформаторов работает с регулировочным ответвлением +2,5 %, а второй – с ответвлением 0 %.

Определить наибольшую активную мощность потребителей, при которой ни на одном из трансформаторов не будет иметь место перегрузка.

### Задача

На подстанции установлен понижающий трансформатор типа ТДН 10000/110, к которому подключена нагрузка с  $\cos\varphi = 0,9$ .

Определить активную мощность нагрузки, при которой трансформатор будет работать с коэффициентом полезного действия, равным 0,98.

### Задача

Предприятие питается по находящейся на собственном балансе двухцепной воздушной линии электропередачи длиной 30 км, выполненной проводами марки АС 185/29. Нагрузка предприятия, коэффициент мощности и тарифы за электроэнергию изменяются по суточному графику, приведенному в таблице.

Часы	0–7	7–17	17–23	23–24
P, МВт	40	60	80	40
cosφ	0,8	0,85	0,9	0,8
Тариф, бел.руб./(кВт·ч)	160	200	230	160

Определить экономическую эффективность выравнивания графика нагрузки до неизменной активной мощности в течение суток при том же суточном потреблении электроэнергии и тех же  $\cos\phi$  в течение суток с учетом изменения стоимости потерь электроэнергии в питающей линии.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета (5-й семестр) используется следующая шкала оценивания: не зачтено, зачтено.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знания правил устройства электроустановок при меняемых при проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий.
	Полнота ответов на вопросы.
Умения	Самостоятельность выполнения задания.
	Правильность применения теоретического материала.
	Проектировать внешних систем электроснабжения промышленных предприятий на основании электрических нагрузок.
	Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.
	Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.
	Качество оформления заданий.
Навыки	Навыки выбора силовых трансформаторов, электрических проводников и коммутационных аппаратов.
	Выбор методики выполнения задания.
	Анализ и обоснование полученных результатов.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **зачета**:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знания правил устройства электроустановок при меняемых при проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий.	Не знает правил устройства электроустановок при меняемых при проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий.	Знает правила устройства электроустановок при меняемых при проектировании внешних систем электроснабжения промышленных предприятий.
Полнота ответов на вопросы.	не отвечает на вопросы для защиты расчетно-графического задания и вопросы для подготовки к зачету.	верно отвечает на вопросы для защиты расчетно-графического задания и вопросы для подготовки к зачету.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Самостоятельность выполнения задания.	Не может выполнить расчеты в рамках решения задач на практическом занятии, в том числе и с дополнительной помощью.	Самостоятельно выполняет расчеты на практическом занятии.
Правильность применения теоретического материала.	При применении теоретического (лекционного) материала допускаются ошибки, относящиеся к решению задач и защите расчетно-графического задания.	Теоретический (лекционный) материал применяется и интерпретируется правильно при решении задач и защите расчетно-графического задания.
Проектировать внешних систем электроснабжения промышленных предприятий на основании электрических нагрузок.	Не может проектировать внешние системы электроснабжения промышленных предприятий на основании электрических нагрузок	Верно проектирует внешние системы электроснабжения промышленных предприятий на основании электрических нагрузок
Полнота выполнения заданий, полнота ответов на дополнительные вопросы.	Имеются существенные ошибки при решении задач, не отвечает на дополнительные вопросы.	Верно выполняет расчеты при решении задач, верно отвечает на дополнительные вопросы.
Умение сравнивать, делать выводы по результатам выполненного задания.	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы по результатам выполнения расчетно-графического задания.	Сравнивает, сопоставляет и обобщает данные, самостоятельно оценивает полученные результаты, делает выводы по результатам выполнения расчетно-графического задания.
Качество оформления заданий.	Расчетно-графическое задание оформлено не в соответствии с требованиями, не полностью, имеются ошибки. Или расчетно-графического задания не оформлено вообще.	Расчетно-графическое задание оформлено в соответствии с требованиями, в полном объеме, имеются незначительные ошибки, неточности, опечатки.

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Навыки выбора силовых трансформаторов, электрических проводников и коммутационных аппаратов.	Выбор силовых трансформаторов, электрических проводников и коммутационных аппаратов выполнен не верно.	Выбор силовых трансформаторов, электрических проводников и коммутационных аппаратов выполнен верно, по исходным данным и рекомендуемым методикам.
Выбор методики выполнения задания.	Неверно выбрана методика решения задач и выполнения заданий при защите расчетно-графического задания.	Методика решения задач и выполнения заданий при защите расчетно-графического задания выбрана верно с учетом исходных данных.
Анализ и обоснование полученных результатов.	Не произведен анализ результатов решения задач и результатов выполнения расчетно-графического задания.	Произведен анализ результатов решения задач, сделаны выводы по расчетно-графическому заданию. Результаты работы обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий.	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
2.	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Учебная аудитория кафедры «Электроэнергетика и автоматика» (лаборатория электроэнергетических систем). Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы.	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 10-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с

2. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРО-М, 2006. – 214 с. 15экз

3. Конюхова Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Конюхова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Русайнс, 2016. — 159 с. — 978-5-4365-0628-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61647.html>

4. Шлейников В.Б. Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Б. Шлейников, Т.В. Сазонова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 110 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30146.html>

5. Старкова Л.Е. Справочник цехового энергетика [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / Л.Е. Старкова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Инфра-Инженерия, 2013. — 352 с. — 978-5-9729-0021-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13558.html>

6. Электроснабжение предприятий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Н. Абрамович [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2015. — 297 с. — 978-5-94211-716-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71713.html>

7. Кудрин, Б. И. Системы электроснабжения : учеб. пособие для студентов вузов / Б. И. Кудрин. - Москва : Академия, 2011. - 352 с. 10 экз

8. Электротехнический справочник в 4-х т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общей ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др.- 9-е изд.- М.: Издательство МЭИ, 2004. – 964 с.

9. Сивков А.А. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Сивков, Д.Ю. Герасимов, А.С. Сайгаш. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2014. — 174 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34694.html>

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Техническая коллекция Шнейдер Электрик. Выпуск 017- Защита от замыканий на землю [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Cahier+Technique&p\\_File\\_Id=334073169&p\\_File\\_Name=RCT017.pdf&p\\_Reference=RCT017](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Cahier+Technique&p_File_Id=334073169&p_File_Name=RCT017.pdf&p_Reference=RCT017)

2. Техническая коллекция Шнейдер Электрик. Выпуск 1 - Защита электрических сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pro-schneider.ru/content/files/118.pdf>

3. Техническая коллекция Шнейдер Электрик. Выпуск 021- Руководство по компенсации реактивной мощности с учетом влияния гармоник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.schneider-electric.ru/ru/download/document/RCT021/>

4. Техническая коллекция Шнейдер Электрик. Выпуск 020- Системы заземления в электроустановках низкого напряжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pro-schneider.ru/content/files/138.pdf>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть