

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. декана факультета энергетики и систем
управления

_____ /А.В. Бурковский/
21 февраля _____ 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Электроснабжение»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2025

Автор программы

_____ Н.В. Ситников

Заведующий кафедрой

Электромеханических

систем и электроснабжения

_____ А.В. Тикунов

Руководитель ОПОП

_____ Н.В. Ситников

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины формирование у обучающихся профессиональных компетенций, основанных на знаниях о способах преобразования и распределения электрической энергии, используемом оборудовании и схемах электроснабжения предприятий промышленности, сельского хозяйства и коммунально-бытовых объектов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- получение знаний об оборудовании, конструкциях и схемах систем электроснабжения предприятий промышленности, сельского хозяйства и коммунально-бытовых объектов;

- получение практических навыков проектирования систем электроснабжения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электроснабжение» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электроснабжение» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать взаимосвязь задач проектирования и эксплуатации систем электроснабжения
	Уметь выполнять сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения и составлять конкурентно-способные варианты технических решений.
	Владеть методиками обоснования выбора целесообразного решения при проектировании систем электроснабжения

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электроснабжение» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Аудиторные занятия (всего)	162	72	90
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	54	18	36
в том числе в форме практической подготовки	34	16	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18
в том числе в форме практической подготовки	16	8	8
Самостоятельная работа	90	36	54
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой, экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы	288	108	180
з.е.	8	3	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	26	10	16
В том числе:			
Лекции	8	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	2	4
в том числе в форме практической подготовки	4	2	2

Лабораторные работы (ЛР)	12	4	8
в том числе в форме практической подготовки	8	4	4
Самостоятельная работа	249	130	119
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой, экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы	288	144	144
з.е.	8	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы электроснабжения	Современное состояние электроэнергетики. Основные понятия об энергосистеме и системе электроснабжения. Характеристики потребителей электроэнергии.	6	4	-	10	20
		Практическая подготовка		2	-		2
2	Электрические нагрузки	Понятие об электрических нагрузках систем электроснабжения. Основные характеристики потребителей электрической энергии. Коэффициенты, характеризующие графики электрических нагрузок. Методы расчета электрических нагрузок. Методы, основанные на применении технологических данных. Усовершенствованный метод упорядоченных диаграмм. Расчёт пиковых токов. Расчет электрических нагрузок при наличии однофазных электроприёмников.	12	6	2	10	30
		Практическая подготовка		6	6		12
3	Режимы	Пять способов заземления	6	4	4	10	24

	нейтралей электрических сетей	нейтрали электрических сетей. Критерии выбора режима нейтрали. Электрическая сеть с изолированной нейтралью. Электрическая сеть с резистивным заземлением нейтрали. Электрическая сеть с компенсированной нейтралью. Электрическая сеть с глухо заземлённой нейтралью. Электрическая сеть с эффективно заземлённой нейтралью.					
		Практическая подготовка		2	2		4
4	Системы электроснабжения	Исходные положения и определения. Принципы построения систем электроснабжения. Внешнее электроснабжение промышленных предприятий. Подстанции систем электроснабжения. Распределительное устройство высшего напряжения. Силовые трансформаторы с первичным напряжением 35–110–220 кВ. Распределительное устройство низшего напряжения. Конструктивное исполнение подстанций. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции. Внутривозводские электрические сети напряжением 6–10 кВ. Радиальные схемы. Магистральные схемы Конструктивные исполнения внутривозводских электрических сетей.	12	6	2	12	32
		Практическая подготовка		6	2		8
5	Короткие замыкания в электроустановках	Виды, причины и последствия коротких замыканий. Трёхфазное короткое замыкание. Методы расчета тока трёхфазного короткого замыкания. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В.	12	6	-	10	28

		Электродинамическое и термическое действие токов короткого замыкания. Способы ограничения токов КЗ.					
		Практическая подготовка		6	-		6
6	Компенсация реактивной мощности	Понятие о реактивной мощности. Особенности передачи реактивной мощности по электрическим сетям. Эффективность компенсации реактивной мощности. Потребители реактивной мощности. Асинхронные электродвигатели. Силовые трансформаторы. Электротехнологические установки. Источники реактивной мощности. Определение мощности компенсирующих устройств.	12	6	2	10	30
		Практическая подготовка		6	4		10
7	Качество электроэнергии	Состояние качества электрической энергии в СЭС. Продолжительные изменения характеристик напряжения. Отклонения частоты. Медленные изменения напряжения. Колебания напряжения. Несинусоидальность напряжения. Несимметрия напряжений. Случайные события. Прерывания напряжения. Провалы напряжения. Перенапряжения. Импульсные перенапряжения. Направления улучшения качества эл. энергии.	12	6	4	10	32
		Практическая подготовка		6	2		8
Итого			72	72	36	72	252

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы электроснабжения	Современное состояние электроэнергетики. Основные понятия об энергосистеме и системе электроснабжения.	1	-	-	19	20

		Характеристики потребителей электроэнергии.					
		Практическая подготовка					
2	Электрические нагрузки	Понятие об электрических нагрузках систем электроснабжения. Основные характеристики потребителей электрической энергии. Коэффициенты, характеризующие графики электрических нагрузок. Методы расчета электрических нагрузок. Методы, основанные на применении технологических данных. Усовершенствованный метод упорядоченных диаграмм. Расчёт пиковых токов. Расчет электрических нагрузок при наличии однофазных электроприёмников.	2	2	-	40	42
		Практическая подготовка		2			2
3	Режимы нейтралей электрических сетей	Пять способов заземления нейтрали электрических сетей. Критерии выбора режима нейтрали. Электрическая сеть с изолированной нейтралью. Электрическая сеть с резистивным заземлением нейтрали. Электрическая сеть с компенсированной нейтралью. Электрическая сеть с глухо заземлённой нейтралью. Электрическая сеть с эффективно заземлённой нейтралью.	1	-	4	43	46
		Практическая подготовка			2		2
4	Системы электроснабжения	Исходные положения и определения. Принципы построения систем электроснабжения. Внешнее электроснабжение промышленных предприятий. Подстанции систем электроснабжения. Распределительное устройство высшего напряжения. Силовые трансформаторы с первичным напряжением	1	2	4	43	49

		35–110–220 кВ. Распределительное устройство низшего напряжения. Конструктивное исполнение подстанций. Выбор числа и мощности трансформаторов подстанции. Внутризаводские электрические сети напряжением 6–10 кВ. Радиальные схемы. Магистральные схемы Конструктивные исполнения внутризаводских электрических сетей.					
		Практическая подготовка		1	2		3
5	Короткие замыкания в электроустановках	Виды, причины и последствия коротких замыканий. Трехфазное короткое замыкание. Методы расчета тока трехфазного короткого замыкания. Расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В. Электродинамическое и термическое действие токов короткого замыкания.	1	2		43	45
		Практическая подготовка		1			1
6	Компенсация реактивной мощности	Понятие о реактивной мощности. Особенности передачи реактивной мощности по электрическим сетям. Эффективность компенсации реактивной мощности. Потребители реактивной мощности. Асинхронные электродвигатели. Силовые трансформаторы. Электротехнологические установки. Источники реактивной мощности. Определение мощности компенсирующих устройств.	1			38	39
		Практическая подготовка			2		2
7	Качество электроэнергии	Состояние качества электрической энергии в СЭС. Продолжительные изменения характеристик напряжения.	1		4	19	22

		Отклонения частоты. Медленные изменения напряжения. Колебания напряжения. Несинусоидальность напряжения. Несимметрия напряжений. Случайные события. Прерывания напряжения. Провалы напряжения. Перенапряжения. Импульсные перенапряжения. Направления улучшения качества электрической энергии.					
		Практическая подготовка			2		2
Итого			8	6	12	249	275

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	На практических занятиях в рамках практической подготовки обучающиеся выполняют элементы работ по определению параметров систем электрооборудования различными расчетными методами с целью повышения надежности и экономичности обеспечения электроэнергией потребителей	ПК-1
2	На лабораторных занятиях в рамках практической подготовки обучающиеся	

	выполняют элементы работ по исследованию систем электроснабжения и определению их параметров экспериментальными методами	ПК-1
--	--	------

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1 "Исследование графиков нагрузки".

Лабораторная работа №2 "Исследование характеристик асинхронных электродвигателей в различных режимах работы".

Лабораторная работа №3 "Исследование режимов нейтралей электроустановок напряжением свыше 1 кВ".

Лабораторная работа №4 "Исследование состава и технических характеристик системы электроснабжения".

Лабораторная работа №5 "Исследование параметров системы электроснабжения при компенсации реактивной мощности".

Лабораторная работа №6 "Исследование влияния преобразователя частоты на качество электроэнергии".

Лабораторная работа №7 "Исследование влияния несимметричных режимов трехфазного трансформатора на качество электроэнергии".

Лабораторная работа №8 "Исследование показателей качества электроэнергии с помощью Энерготестора ПКЭ".

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 6 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Внутризаводское электроснабжение промышленного предприятия»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- определение расчетных нагрузок предприятия;
- разработка картограммы и определение центра электрических нагрузок;
- выбор числа и мощности цеховых ТП;
- разработка схемы внешнего электроснабжения;
- разработка схемы внутризаводской сети напряжением 6-10 кВ;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор и проверка электрических аппаратов РУ 6-10 кВ.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать взаимосвязь задач проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения и составлять конкурентно-способные варианты технических решений.	Решение типовых практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методиками обоснования выбора целесообразного решения при проектировании систем электроснабжения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6, 5 семестре для очной формы обучения, 7, 6 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать взаимосвязь задач проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных

						ответов
	Уметь выполнять сбор и анализ данных для проектирования систем электроснабжения и составлять конкурентно-способные варианты технических решений.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методиками обоснования выбора целесообразного решения при проектировании систем электроснабжения	Решение прикладных задач в области электроснабжения	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

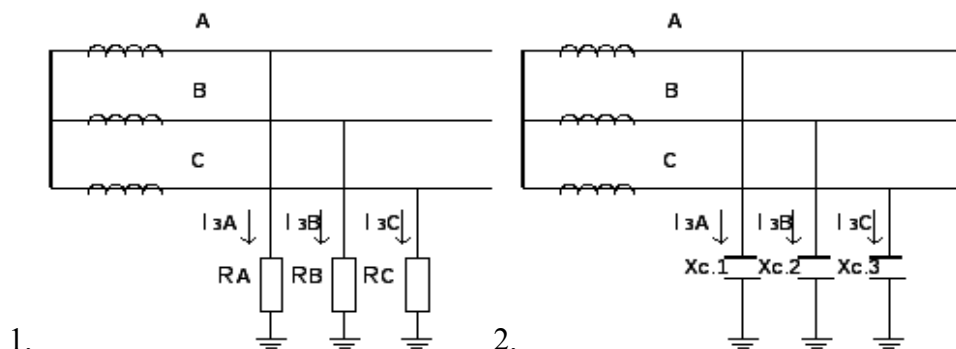
1. Каких режимов нейтрали электрических сетей нет

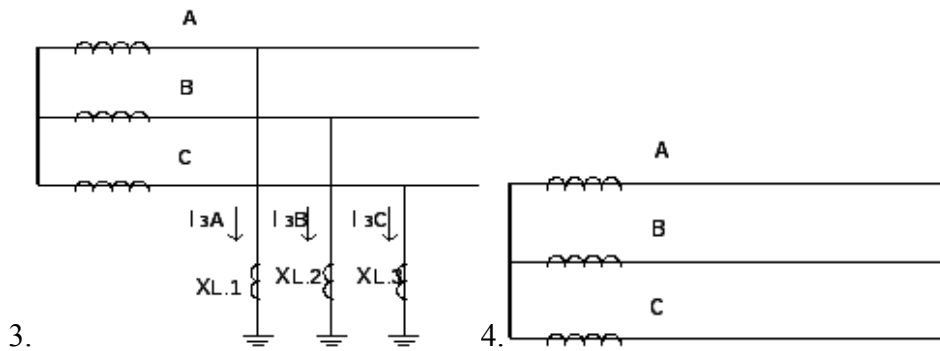
- 1) Глухозаземленная нейтраль.
- 2) Глухоизолированная нейтраль.
- 3) Эффективно заземленная нейтраль.
- 4) Изолированная нейтраль.
- 5) Нейтраль заземленная через дугогасящий реактор.

2. Укажите по какой формуле определяется ток однофазного короткого замыкания в системе с глухозаземленной нейтралью

- 1) $I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / (Z_{\text{тр}} / 3 + Z_{\text{л}})$
- 2) $I_{\text{кз}} = P_{\text{н}} / U_{\text{ф}}$
- 3) $I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{л}}$
- 4) $I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / X_{\text{л}}$

3. Укажите схему замещения сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме





4. По какой формуле определяется зарядный ток линии с изолированной нейтралью

- 1) $I_z = U\phi / R$
- 2) $I_z = 3\omega CU\phi$
- 3) $I_z = U\phi / 3\omega L$
- 4) $I_z = U\phi / (\omega L + 1/\omega C)$

5. Какую величину имеет допустимый емкостной ток линии с изолированной нейтралью без компенсации

- 1) При $U=6$ кВ $I_z < 30$ А; при $U=10$ кВ $I_z < 20$ А; при $U=35$ кВ $I_z < 10$ А
- 2) $U=6$ кВ $I_z < 10$ А; $U=10$ кВ $I_z < 20$ А; $U=35$ кВ $I_z < 30$ А
- 3) $U=6$ кВ $I_z < 20$ А; $U=10$ кВ $I_z < 30$ А; $U=35$ кВ $I_z < 10$ А
- 4) $U=6$ кВ $I_z < 15$ А; $U=10$ кВ $I_z < 10$ А; $U=35$ кВ $I_z < 30$ А

6. Какую величину имеет коэффициент замыкания на землю в сети с эффективно заземленной нейтралью

- 1) $K_z < 1,2$
- 2) $K_z < 1,4$
- 3) $K_z < 1,7$
- 4) $K_z < 2,0$

7. В каких сетях выбирается режим с изолированной нейтралью

- 1) В сетях напряжением до 1 кВ
- 2) В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30 А, 20 А, 10 А.
- 3) В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30 А, 20 А, 10 А.
- 4) В сетях напряжением выше 110 кВ.

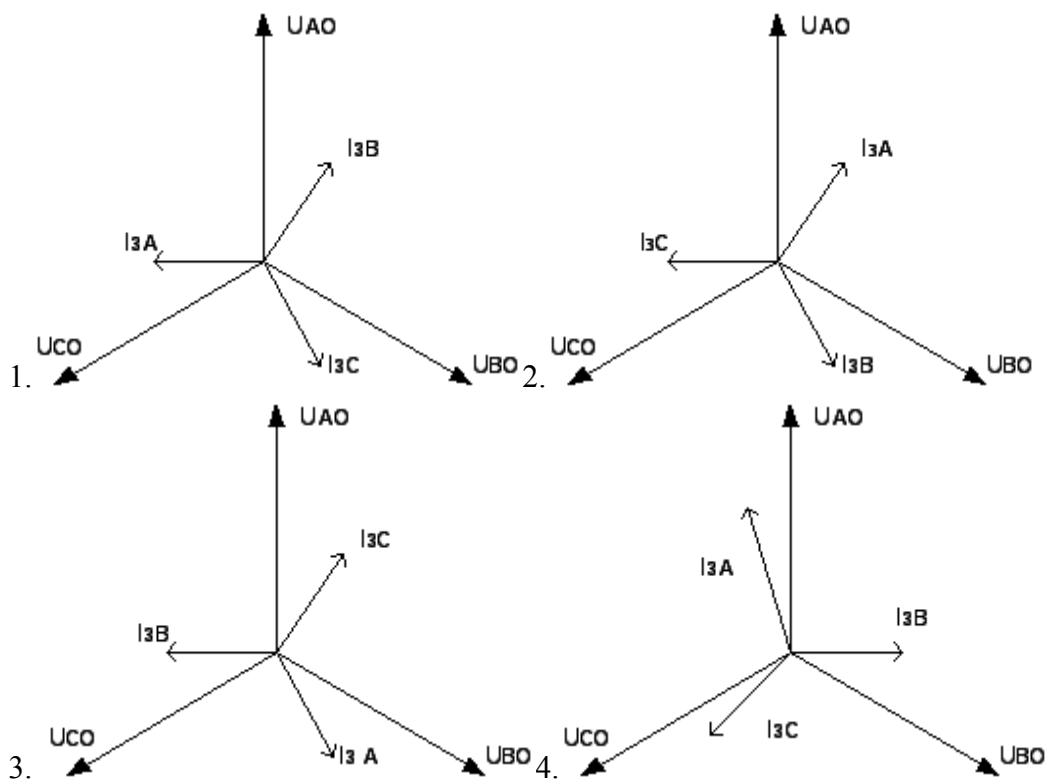
8. В каких сетях выбирается режим с эффективно заземленной нейтралью

- 1) В сетях напряжением до 1 кВ
- 2) В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю больше соответственно 30 А, 20 А, 10 А.
- 3) В сетях напряжением 6-10, 35 кВ с токами замыкания на землю меньше соответственно 30 А, 20 А, 10 А.
- 4) В сетях напряжением 110 кВ и 220 кВ.

9. По какой формуле определяется зарядный ток линии с изолированной нейтралью

- 1) $I_z = U\phi / R$
- 2) $I_z = 3\omega CU\phi$
- 3) $I_z = U\phi / 3\omega L$
- 4) $I_z = U\phi / (\omega L + 1/\omega C)$

10. Векторная диаграмма сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме



7.2.2 Примерный перечень заданий для решения типовых задач

1. Построить график нагрузки цеха по данным таблицы.

P, кВт	20	60	85	92	64	75	103	80	61	36	42	88	95	77	60	42	30
T, ч	8	8.30	9	9.30	10	10.30	11	11.30	12	12.30	13	13.30	14	14.30	15	15.30	16

Общая номинальная мощность электрооборудования цеха 550 кВт. Коэффициент включения 0,72. Продолжительность $T_{см}$ смены 8 часов. Расчетная нагрузка $P_{расч}=115$ кВт. Определить расход электроэнергии за смену; максимальную, среднюю и среднеквадратичную нагрузки; коэффициенты, характеризующие данный график.

2. К четырем распределительным пунктам присоединены 17 ЭП длительного режима работы следующих номинальных мощностей: 5 по 14 кВт, 3 по 8 кВт, 4 по 1,5 кВт, 5 по 18 кВт. Определить $n_{эф}$.

3. Определить электрическую расчетную нагрузку троллея, от которого питаются два мостовых крана, имеющих следующие механизмы:

- главный подъём, ПВ=15% с двумя двигателями по 80 кВт (двигатели работают одновременно);
- вспомогательный подъём, главная и вспомогательные тележки, ПВ=25% с тремя двигателями мощностью 12 кВт, 16 кВт и 55 кВт;
- передвижение моста, ПВ=40% с двумя двигателями по 50 кВт.

4. Коэффициент использования для мостового крана равен 0,28, $\cos \varphi = 0,7$. Напряжение сети 380 В.

- Сварочный трансформатор включен на фазное напряжение: $S_{насн}=25$ кВА; $PB_{насп}=0,25$; $\cos\varphi_{насп}=0,5$; $U_{\phi}=220$ В. Определить условную трёхфазную номинальную мощность сети.
5. Сварочный трансформатор паспортной мощностью 80 кВА; $U_{ном}=380$ В; $PB=0,25$; $\cos\varphi=0,5$ включен в одно плечо трехфазной сети 380/220 В. Определить условную трёхфазную номинальную мощность сети.
 6. Два сварочных трансформатора паспортной мощностью соответственно: $S_{насп1}=80$ кВА, $PB_1=0,5$; $\cos\varphi_1=0,5$; $S_{насп2}=30$ кВА, $PB_2=0,65$; $\cos\varphi_2=0,53$; включены в фазы АВ и ВС. Определить условную трёхфазную номинальную мощность сети.
 7. Определить максимальную расчетную нагрузку линии, от которой запитаны следующие электроприемники длительного режима работы:
 - а) 3 по 45 кВт, 4 по 18 кВт, $\cos\varphi = 0,5$, $k_u=0,4$;
 - б) 2 по 32 кВт, 5 по 12 кВт, $\cos\varphi = 0,7$, $k_u=0,55$;
 - в) 10 двигателей разной мощности от 4 до 25 кВт общей мощностью 190 кВт, $\cos\varphi = 0,7$, $k_u=0,2$.
 8. Определить $n_{эф}$ для группы ЭП длительного режима работы следующих номинальных мощностей: 7 по 0,8 кВт, 4 по 3 кВт, 9 по 11 кВт, 3 по 15 кВт, 5 по 19 кВт. Групповой коэффициент использования $K_u = 0,65$.
 9. Определить максимальные нагрузки и ток насосной станции металлургического завода, на которой установлены пять рабочих насосов водоснабжения с асинхронными электродвигателями по 250 кВт, десять станков различных типов с электродвигателями 2,5 - 7 кВт общей мощностью $P_{ном ст}=47$ кВт. Максимальная осветительная нагрузка станции составляет 25 кВт. Напряжение сети 380 В.
 10. Определить расчетную нагрузку алюминиевого завода производительностью 100 000 т алюминия в год. Удельный расход электроэнергии на переменном напряжении на производство алюминия составляет 18000 кВт·ч/т, расход на остальные нужды завода 5% от годового расхода на электролиз. Число часов использования максимума нагрузки составляет 8300 ч.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
Прикладные задачи по данной дисциплине в полном объёме реализованы в курсовом проекте.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой.

1. Что понимается под энергетической системой? Какой состав она имеет?
2. Какие типы электростанций вырабатывают основную часть электроэнергии в России?
3. Поясните термины «электроснабжение» и «потребитель»

электроэнергии».

4. Поясните термин «приёмник электрической энергии». На какие группы разделяют данные устройства?
5. Поясните термин «система электроснабжения» и дайте её краткую характеристику.
6. Что включает понятие «электрохозяйство предприятия»?
7. Поясните, что понимается под номинальной (установленной) мощностью электроприёмников.
8. Дайте характеристику электроприёмников в зависимости от рода тока и класса напряжения.
9. Какие уровни частоты переменного тока используются в промышленности?
10. Как характеризуются режимы работы электродвигателей и трансформаторов по нагреву?
11. Дайте характеристику электроприёмников 1-ой категории по надёжности электроснабжения.
12. Дайте характеристику электроприёмников 2-ой категории по надёжности электроснабжения.
13. Дайте характеристику электроприёмников 3-ой категории по надёжности электроснабжения.
14. Поясните термин «удельный расход электроэнергии».
15. Что характеризует коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi$?
16. Почему необходимо правильно оценивать электрические нагрузки?
17. Что понимают под графиками нагрузок? Как они различаются?
18. Дайте характеристику индивидуальных графиков нагрузки.
19. Дайте характеристику групповых графиков нагрузки.
20. Дайте характеристику сменных, суточных и годовых графиков нагрузки.
21. Изобразите годовой упорядоченный график нагрузок. Что он показывает?
22. Что понимают под номинальной мощностью электроприёмников?
23. Как определяется активная и реактивная мощность электроприёмников работающих в повторно-кратковременном режиме?
24. Что такое «средняя нагрузка». Как она определяется?
25. С помощью годового графика по продолжительности использования электрических нагрузок поясните, что такое $T_{\text{м.а.}}$. Как оно определяется?
26. С помощью годового графика по продолжительности использования электрических нагрузок поясните, что такое $\tau_{\text{м.}}$. Как оно определяется?
27. Как определяется среднеквадратичная нагрузка? Что она характеризует?
28. Что понимают под максимальной нагрузкой? Как максимальные нагрузки различаются в зависимости от продолжительности?
29. Что понимается под расчетной нагрузкой? Соотношения между токами и нагрузками.

30. Что понимается под коэффициентом использования по активной мощности? Как он определяется?
31. Что понимается под коэффициентом формы графика нагрузки? Как он определяется?
32. Что понимается под коэффициентом одновременности максимумов нагрузок? Как он определяется?
33. Что понимается под коэффициентом расчетной нагрузки по активной мощности? Как он определяется?
34. Дайте определение эффективному числу электроприёмников n_{Σ} . Как оно определяется?
35. Как определяется коэффициент расчетной нагрузки по реактивной мощности?
36. Запишите формулы для определения коэффициентов включения, загрузки и максимума.
37. Запишите формулы для определения коэффициентов спроса, заполнения графика нагрузки и разновременности максимумов нагрузки.
38. Для каких целей проводится расчет электрических нагрузок? Какие методы используются для определения расчетных нагрузок?
39. Поясните расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм.
40. Поясните расчет электрических нагрузок методом коэффициента спроса.
41. Поясните расчет электрических нагрузок методом коэффициента формы.
42. Как определяются нагрузки по методу удельного расхода электроэнергии и по удельной нагрузке.
43. Как определяется мощность наиболее загруженной фазы при несимметричных нагрузках?
44. Как проводится приведение однофазных нагрузок к условной трёхфазной мощности?
45. Как определяется пиковый ток для группы электроприёмников?
46. Как определяется пиковый ток для одного электроприёмника?
47. Как определяются номинальные токи для различных типов электроприёмников?
48. Назовите способы заземления нейтралей электрических сетей согласно ПУЭ.
49. По каким критериям проводят выбор способа заземления нейтрали электрических сетей?
50. Какие противоречия существуют при выборе способа заземления нейтрали электрической сети?
51. Электрическая сеть с изолированной нейтралью в нормальном режиме.
52. Электрическая сеть с изолированной нейтралью в режиме однофазного замыкания на землю.
53. Недостатки сетей с изолированной нейтралью. Области применения.

54. Электрическая сеть с резистивным заземлением нейтрали.
55. Электрическая сеть с компенсированной нейтралью в режиме однофазного замыкания на землю.
56. Преимущества и недостатки сетей с компенсированной нейтралью.
57. Электрическая сеть с глухозаземлённой нейтралью.
58. Электрическая сеть с эффективно заземлённой нейтралью.
59. Что относится к внешнему электроснабжению предприятия?
60. Что относится к внутреннему электроснабжению предприятия?
61. Как условно разделяют предприятия по потребляемой мощности? Дайте характеристику первому, второму и третьему уровню системы электроснабжения предприятия.
62. Дайте характеристику четвертому, пятому и шестому уровню системы электроснабжения предприятия.
63. Что называют независимым источником питания. Какие источники относятся к независимым согласно ПУЭ.
64. Назовите требования, предъявляемые к промышленным системам электроснабжения.
65. Какие решения необходимо применять при построении систем электроснабжения?
66. Что понимают под аварийным и послеаварийным режимом системы электроснабжения?
67. Назовите принципы, по которым строится система электроснабжения.
68. Поясните, как осуществляется электроснабжение предприятий на напряжении 6-10 кВ.
69. Как классифицируются подстанции энергосистемы в зависимости от мощности?
70. Поясните на примерах внешнее электроснабжение предприятий по магистральным и радиальным схемам.
71. Какие преимущества и недостатки имеют воздушные ЛЭП?
72. Какие преимущества и недостатки имеют кабельные ЛЭП?
73. На какие составные части разделяют подстанции систем электроснабжения?
74. Назовите электрические аппараты, которые входят в силовые цепи РУ ВН ГПП (ПГВ). Укажите их назначение.
75. Назовите электрооборудование, которое входит в состав силовых цепей РУ НН ГПП (ПГВ). Укажите их назначение.
76. Изобразите исходную схему и схему замещения двухобмоточного трансформатора. Как определяются сопротивления.
77. Изобразите исходную схему и схему замещения трехобмоточного трансформатора. Как определяются сопротивления.
78. Изобразите исходную схему и схему замещения трансформатора с расщеплённой обмоткой НН. Как определяются сопротивления.
79. Поясните, когда применяют радиальные схемы внутризаводского электроснабжения. Приведите варианты схем.
80. Поясните ступенчатое построение распределения электроэнергии

- внутри предприятия.
81. В каких случаях целесообразно сооружение РП в схемах внутризаводского электроснабжения?
 82. Какие особенности имеет питание двухтрансформаторных подстанций в схемах внутризаводского электроснабжения?
 83. В каком случае целесообразно применять магистральные схемы внутризаводского электроснабжения? Какие преимущества имеют эти схемы?
 84. Приведите примеры магистральных схем и укажите их области применения.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Понятие о реактивной мощности.
2. Особенности передачи реактивной мощности по электрическим сетям.
3. Эффективность компенсации реактивной мощности.
4. Асинхронный электродвигатель как потребитель реактивной мощности.
5. Силовой трансформатор как потребитель реактивной мощности.
6. Электротехнологические установки как потребители реактивной мощности.
7. Потребители реактивной мощности со специфическими нагрузками.
8. Энергосистема и ТЭЦ как источники реактивной мощности.
9. Синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности.
10. Синхронные двигатели как источники реактивной мощности.
11. Статические конденсаторы как источники реактивной мощности.
12. Определение мощности компенсирующих устройств.
13. Особенности регулирования реактивной мощности на промышленном предприятии.
14. Назначение расчетов коротких замыканий и предъявляемые к ним требования.
15. Понятие о расчетных условиях при КЗ.
16. Расчетная схема электроустановки при КЗ.
17. Расчетный вид КЗ.
18. Расчетная точка КЗ.
19. Расчетная продолжительность КЗ.
20. Параметры электроэнергетической системы для расчета КЗ.
21. Параметры синхронных машин для расчета КЗ.
22. Параметры асинхронных электродвигателей для расчета КЗ.
23. Параметры силовых трансформаторов и автотрансформаторов для расчета КЗ.
24. Параметры токоограничивающих реакторов для расчета КЗ.
25. Параметры воздушных ЛЭП для расчета КЗ.
26. Параметры кабельных ЛЭП для расчета КЗ.
27. Параметры токопроводов и шинопроводов для расчета КЗ.
28. Схема замещения для расчета КЗ.

29. Система относительных единиц при расчете КЗ.
30. Составление схемы замещения при расчете КЗ в именованных единицах.
31. Составление схемы замещения при расчете КЗ в относительных единицах.
32. Преобразование схем замещения.
33. Расчет действующего значения периодической составляющей тока трёхфазного КЗ от энергосистемы при напряжении свыше 1 кВ.
34. Расчет аperiodической составляющей тока КЗ.
35. Расчет ударного тока КЗ.
36. Практические методы расчета периодической составляющей тока трехфазного КЗ.
37. Методы, используемые для расчета несимметричных КЗ.
38. Схемы замещения прямой и обратной последовательностей.
39. Схемы замещения нулевой последовательности.
40. Двухфазное КЗ.
41. Однофазное КЗ.
42. Двухфазное КЗ на землю.
43. Параметры элементов электроустановок напряжение до 1 кВ при расчетах КЗ.
44. Расчет трехфазных КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
45. Расчет несимметричных трехфазных КЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
46. Состояние качества электроэнергии в СЭС.
47. Влияние на качество электроэнергии отклонения частоты.
48. Влияние на качество электроэнергии медленного изменения напряжения.
49. Влияние на качество электроэнергии колебания напряжения.
50. Влияние на качество электроэнергии несинусоидальности напряжения.
51. Влияние на качество электроэнергии несимметрии напряжения.
52. Влияние на качество электроэнергии прерывания напряжения.
53. Влияние на качество электроэнергии провала напряжения.
54. Влияние на качество электроэнергии перенапряжения.
55. Влияние на качество электроэнергии импульсного перенапряжения.
56. Меры по улучшению качества электроэнергии.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы электроснабжения	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
2	Электрические нагрузки	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
3	Режимы нейтралей электрических сетей	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
4	Системы электроснабжения	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
5	Короткие замыкания в электроустановках	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
6	Компенсация реактивной мощности	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
7	Качество электроэнергии	ПК-1	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение типовых задач осуществляется, при помощи использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное

время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы [Текст] : учебное пособие для вузов : допущено УМО. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2013 (Москва: ППП "Тип. "Наука", 2012). - 411 с. : ил.

2. Абрамова Е.Я. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Абрамова Е.Я.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017.— 122 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78780.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Сергеев В.А. Электроснабжение: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс]. –Электрон. текстовые и граф. данные (3,2Мб) / В.А. Сергеев, Д.А. Мамонтов. -Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. 179 с.

4. Ситников, Н.В. Электроснабжение [Электронный ресурс] : Справочные материалы: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (5,0 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2013.

5. Зайцев, А.И. Электроснабжение : Учеб. пособие. Ч.1. - 2-е изд., испр. и доп. - Воронеж : Научная книга, 2006. - 128 с. - (Учебная серия "Открытое образование").

6. Зайцев, А.И. Электроснабжение : Учеб. пособие. Ч.2. - 2-е изд., испр. и доп. - Воронеж : Научная книга, 2006. - 124 с. - (Учебная серия "Открытое образование").

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader;
- Internet explorer;
- DIALux;
- AutoCAD;
- Компас-График LT;
- SMath Studio.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- ФГУП «Стандартинформ». Адрес ресурса:
<http://www.gostinfo.ru/catalog/gostlist/>
- Электроцентр Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>
- Netelectro Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления.

Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

- Marketelectro Отраслевой электротехнический портал.

Представлены

новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>
- БАЗА ДАННЫХ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ и ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ URL: <https://online-electric.ru/dbase.php>
- База данных ГОСТов по энергетике. Адрес ресурса: <https://www.ruscable.ru/doc/docgost/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Лаборатория, оборудованная необходимым оборудованием и средствами.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электроснабжение».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета систем электроснабжения промышленных и

коммунально-бытовых объектов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта обучающиеся должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к	Готовиться к промежуточной аттестации следует

промежуточной аттестации	систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--------------------------	--

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	-------------------------------	--