

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики и систем  
управления А.В. Бурковский  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Метрология»

**Направление подготовки** 13.03.02 Энергоэнергетика и электротехника

**Профиль** Электроснабжение

**Квалификация выпускника** бакалавр

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

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2021

**Автор программы**  ст. преподаватель /Е.Л. Савельева/

**И.о. заведующего кафедрой  
электромеханических  
систем и электроснабжения**  /В.П. Шелякин/

**Руководитель ОПОП**  /Н.В. Ситников/

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся знаний и практических навыков проведения измерений и технического контроля, с учетом предварительных данных эксплуатируемых или ремонтируемых объектов и точности применяемых измерительных и контрольных технических средств.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Сформировать у обучающихся представление о методах проведения измерения электрических и неэлектрических физических величин, принципы работы, назначение и метрологические характеристики универсальных и наиболее распространенных измерительных средств и тенденции их совершенствования.

Приобретение практических навыков применения эксплуатационной и нормативной документации для выбора контрольно-измерительных средств и постановки конкретных измерительных и контрольных процедур, а также для обработки и правильного представления результатов.

Овладение методиками практического применения контрольно-измерительных средств совместно с испытательным оборудованием при ремонтных, пуско-наладочных и испытательных работах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Метрология» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ОПК-6 - Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-6	знать основы электротехники, электроники, требования к измерительным процедурам и принципы постановки измерений; статистические методы оценки результатов наблюдений и информативность количественных статистик
	уметь выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, применять и подготавливать типовые экспериментальные исследования по заданной

	методике; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности и их доверительные вероятности и анализировать результаты экспериментов
	владеть навыками применения измерительных средств и испытательного оборудования; навыками работы с типовыми компьютерными программами статистической обработки данных

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Метрология» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

#### **заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	8	8
В том числе:		
Лекции	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	96	96

Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	108 3	108 3

## 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	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные положения метрологии, электрических измерений и технического контроля	<p>Введение. Метрология как наука об измерениях. Достоинства системы единиц SI. Место измерений среди других опытных процедур. Основные и специальные разделы метрологии. Определение измерений и технического контроля как информационных процедур. Требования к измерениям и техническому контролю. Понятие точности измерений и достоверности технического контроля, о доверительном интервале, о доверительной вероятности погрешности измерений и об ошибках технического контроля. Структурные схемы измерительных и контрольных процедур.</p> <p>Классификация измерений и методы измерений. Прямые и косвенные измерения, однократные и многократные, равноточные и неравноточные. Простые и сложные. Классификация измерений по точности. Принципы, методы и методики измерений. Метод непосредственной оценки, методы сравнения с мерой: нулевой, дифференциальный, замещения, сопоставления, совпадений компенсации. Достоинства методов сравнения.</p> <p>Виды средств измерений и технического контроля.</p> <p>Иерархия средств измерений по точности. Назначение и виды эталонов и образцовых средств измерений. Градуировка, поверка, калибровка и юстировка рабочих средств измерений. Группы рабочих средств измерений. Виды средств технического контроля.</p>	4	6	8	18
2	Погрешности измерений, достоверность и ошибки технического контроля	<p>Классификация погрешностей по различным признакам (по месту возникновения, по характеру). Понятие о мультипликативных и аддитивных погрешностях, о дрейфе “нуля” и о пороговом уровне чувствительности измерительных средств. Способы обнаружения, исключения и уменьшения систематических погрешностей. Оценка приборных погрешностей прямых и косвенных измерений, суммирование погрешностей. Способы нормирования</p>	4	6	8	18

		основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности.				
3	Аналоговая и цифровая измерительная техника	Принципы работы, уравнения шкал, области применения, достоинства, недостатки и погрешности магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических, электростатических измерительных приборов. Приборы с преобразователями. Структурные схемы, области применения, метрологические характеристики электронных вольтметров постоянного и переменного токов. Универсальные аналоговые и цифровые вольтметры. Эксплуатационные достоинства цифровых приборов. Принципы работы, функциональные возможности приборов с микропроцессорами. Лабораторные и автоматические измерительные мосты и компенсаторы постоянного и переменного токов и области применения. Назначение измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов. Их структура и функциональные возможности. Виды совместимости измерительных и вспомогательных технических средств, входящих в комплексы. Понятие об измерительном канале и его погрешностях.	4	6	8	18
4	то же	Измерения параметров магнитных и электромагнитных полей и ферромагнитных материалов. Принципы работы аналоговых милливольтметров и тесламетров. Особенности измерения магнитных потоков, индукций и напряженностей слабых и сильных магнитных полей и параметров ферромагнетиков.	2	6	10	18
5	то же	Принципы измерения неэлектрических физических величин. Параметрические и генераторные преобразователи и их характеристики. Структурная схема датчика н.э.в., унификация выходного сигнала и его информативные параметры. Принципы линеаризации проходных характеристик датчиков.	2	6	10	18
6	Закон РФ «О техническом регулировании», технические регламенты и их метрологическое обеспечение	Новые законодательные акты в областях метрологии, стандартизации и сертификации. Иерархия нормативных документов и назначение технических регламентов, как законов РФ. Стандартизация и контроль качества. Стандарты МЭК и ИСО. Подтверждение соответствия и другие формы сертификации. Системы сертификации в РФ. Функции лабораторий, государственных центров по сертификации и департаментов по техническому регулированию (мониторингу) и метрологии.	2	6	10	18
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>108</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные	Введение. Метрология как наука об	2	2	16	20

	положения метрологии, электрических измерений и технического контроля	и измерениях. Достоинства системы единиц SI. Место измерений среди других опытных процедур. Основные и специальные разделы метрологии. Определение измерений и технического контроля как информационных процедур. Требования к измерениям и техническому контролю. Понятие точности измерений и достоверности технического контроля, о доверительном интервале, о доверительной вероятности погрешности измерений и об ошибках технического контроля. Структурные схемы измерительных и контрольных процедур. Классификация измерений и методы измерений. Прямые и косвенные измерения, однократные и многократные, равноточные и неравноточные. Простые и сложные. Классификация измерений по точности. Принципы, методы и методики измерений. Метод непосредственной оценки, методы сравнения с мерой: нулевой, дифференциальный, замещения, сопоставления, совпадений компенсации. Достоинства методов сравнения. Виды средств измерений и технического контроля. Иерархия средств измерений по точности. Назначение и виды эталонов и образцовых средств измерений. Градуировка, поверка, калибровка и юстировка рабочих средств измерений. Группы рабочих средств измерений. Виды средств технического контроля.				
2	Погрешности измерений, достоверность ошибки технического контроля	и Классификация погрешностей по различным признакам (по месту возникновения, по характеру). Понятие о мультипликативных и аддитивных погрешностях, о дрейфе “нуля” и о пороговом уровне чувствительности измерительных средств. Способы обнаружения, исключения и уменьшения систематических погрешностей. Оценка приборных погрешностей прямых и косвенных измерений, суммирование погрешностей. Способы нормирования основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности.	2	2	16	20
3	Аналоговая и цифровая измерительная техника	и Принципы работы, уравнения шкал, области применения, достоинства, недостатки и погрешности магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических, электростатических измерительных приборов. Приборы с преобразователями. Структурные схемы, области применения, метрологические характеристики электронных вольтметров постоянного и переменного токов. Универсальные аналоговые и цифровые вольтметры. Эксплуатационные достоинства цифровых приборов. Принципы работы, функциональные возможности приборов с микропроцессорами. Лабораторные и автоматические измерительные мосты и компенсаторы	-	-	16	16

		постоянного и переменного токов и области применения. Назначение измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов. Их структура и функциональные возможности. Виды совместимости измерительных и вспомогательных технических средств, входящих в комплексы. Понятие об измерительном канале и его погрешностях.				
4	то же	Измерения параметров магнитных и электромагнитных полей и ферромагнитных материалов. Принципы работы аналоговых милливольтметров и тесламетров. Особенности измерения магнитных потоков, индукций и напряженностей слабых и сильных магнитных полей и параметров ферромагнетиков.	-	-	16	16
5	то же	Принципы измерения неэлектрических физических величин. Параметрические и генераторные преобразователи и их характеристики. Структурная схема датчика н.э.в., унификация выходного сигнала и его информативные параметры. Принципы линеаризации проходных характеристик датчиков.	-	-	16	16
6	Закон РФ «О техническом регулировании», технические регламенты и их метрологическое обеспечение	«О Новые законодательные акты в областях метрологии, стандартизации и сертификации. Иерархия нормативных документов и назначение технических регламентов, как законов РФ. Стандартизация и контроль качества. Стандарты МЭК и ИСО. Подтверждение соответствия и другие формы сертификации. Системы сертификации в РФ. Функции лабораторий, государственных центров по сертификации и департаментов по техническому регулированию (мониторингу) и метрологии.	-	-	16	16
<b>Итого</b>			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>104</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

- Исследование метрологических характеристик аналоговых и цифровых вольтметров
- Методы измерения сопротивлений постоянному току и температуры
- Методы измерения  $\cos \varphi$  и оценка погрешностей
- Исследование измерительных возможностей электронных осциллографов
- Исследование параметров постоянного магнитного поля с помощью веберметра и тесламетра
- Исследование параметров термисторов и линеаризация их температурных характеристик
- Экспериментальное исследование чувствительности тензорезисторов

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 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
ОПК-6	знать основы электротехники, электроники, требования к измерительным процедурам и принципы постановки измерений; статистические методы оценки результатов наблюдений и информативность количественных статистик	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, применять и подготавливать типовые экспериментальные исследования по заданной методике; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности и их доверительные вероятности и анализировать результаты экспериментов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками применения измерительных средств и испытательного	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	оборудования; навыками работы с типовыми компьютерными программами статистической обработки данных			
--	--	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения, 6 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-6	знать основы электротехники, электроники, требования к измерительным процедурам и принципы постановки измерений; статистические методы оценки результатов наблюдений и информативность количественных статистик	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, применять и подготавливать типовые экспериментальные исследования по заданной методике; обрабатывать результаты измерений и оценивать погрешности и их доверительные вероятности и анализировать результаты экспериментов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками применения измерительных средств и испытательного оборудования; навыками работы с типовыми компьютерными	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	программами статистической обработки данных			
--	---	--	--	--

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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. Какая характеристика качества измерений обеспечивает близость к нулю случайных погрешностей?

1. Сопоставимость                      2. Правильность  
3. Достоверность                      4. Воспроизводимость  
5. Сходимость

2. У какого из методов сравнения мера должна быть переменной?

1. Нулевой                                      2. Замещения  
3. Совпадения  
4. У всех этих методов мера должна быть переменной

3. Какая метрологическая процедура должна выполняться непосредственно перед эксплуатацией измерительных средств?

1. Калибровка                              2. Поверка  
3. Градуировка                              4. Юстировка

4. Укажите раздел метрологии, главной задачей которого является передача значений физических величин от образцовых средств измерения к рабочим.

1. Научная                                      2. Прикладная  
3. Законодательная   4. Техническая диагностика  
5. Квалиметрия

5. Укажите важнейшую качественную характеристику контроля.

1. Точность                                      2. Достоверность  
3. Корректность                              4. Погрешность

5. Ошибки 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> рода

6. Назовите электронное устройство, предназначенное для увеличения чувствительности измерительных средств.

1. Выпрямитель                              2. Ограничитель  
3. Повторитель                              4. Смеситель  
5. Усилитель

7. Вольтметры какой системы нельзя применять для измерения переменных напряжений?

1. Электромагнитный                      2. Магнитоэлектрический  
3. Электростатический                      4. Электродинамический  
5. Электронный

8. Какова главная причина, вследствие которой аналоговые приборы стремятся конструировать с линейными шкалами? Укажите неправильный ответ

1. Обеспечение постоянства чувствительности  
2. Уменьшение погрешности отсчета  
3. Простота изготовления шкалы  
4. Увеличение чувствительности  
5. Удобство эксплуатации

9. Укажите прибор, обладающий самой высокой чувствительностью среди ниже перечисленных?

1. электромагнитный                      2. электростатический  
3. индукционный                              4. электродинамический  
5. выпрямительный

10. Какой вид документации в обязательном порядке должен быть оформлен и утвержден

перед введением в эксплуатацию уникальной (нестандартизированной) контрольно-измерительной (испытательной) установки?

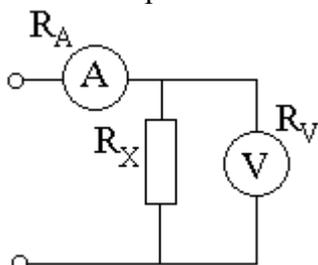
1. Отраслевой стандарт
2. Технические условия
3. Конструкторско-технологическая документация
4. Стандарт предприятия
5. Свидетельство о метрологической аттестации

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Какой из приведенных формул нельзя пользоваться при оценке относительной погрешности измерения величины  $x_{изм}$ , если  $k$ - класс точности стрелочного прибора,  $x_N$  – нормирующее значение шкалы,  $\Delta$  – абсолютная погрешность прибора?

$$\begin{array}{lll} \underline{1.} & \delta_i = \frac{x_N - x_{изм}}{x_{изм}} 100\% & \underline{2.} & \delta_i = k \frac{x_N}{x_{изм}} & \underline{3.} & \delta_i = \frac{\Delta}{x_{изм}} 100\% \end{array}$$

2. При каком соотношении между внутренними сопротивлениями амперметра ( $R_A$ ) или вольтметра ( $R_V$ ) и косвенно измеряемого сопротивления ( $R_X$ ) будет минимальной методическая погрешность?



1.  $R_V \gg R_X$
2.  $R_X \gg R_A$
3.  $R_X \gg R_V$
4.  $R_A \gg R_V$
5.  $R_A \gg R_X$

3. Сопротивление измеряется косвенным путем по схеме вопроса 14. Укажите правильную формулу для вычисления  $R_X$ , исключая методическую погрешность. Приборными погрешностями можно пренебречь

$$\begin{array}{lll} \underline{1.} & R_X = \frac{U}{I} & \underline{2.} & R_X = \frac{U}{I} - R_A & \underline{3.} & R_X = \frac{U}{I} + \frac{R_X^2}{R_X + R_V} \end{array}$$

4. Вольтметром электромагнитной системы измеряется напряжение синусоидальной формы:  $\dot{U} = U e^{-j60^\circ} B$ . Укажите показания вольтметра.

$$\begin{array}{ll} \underline{1.} & 300 \text{ В} & \underline{2.} & 300 \cdot \sqrt{2} B \\ \underline{3.} & \frac{300}{\sqrt{2}} B & \underline{4.} & \frac{300}{2/\pi} B \\ \underline{5.} & 300 \cdot \frac{2}{\pi} B & & \end{array}$$

5. Укажите формулу для оценки максимальной погрешности при косвенном измерении величины  $X=F(y,z,v)$ , где  $y,z,v$  – величины, измеряемые прямым способом

$$\begin{array}{ll} \underline{1.} & \delta_x = \delta_y + \delta_z + \delta_v & \underline{2.} & \delta_x = \sqrt{\delta_y^2 + \delta_z^2 + \delta_v^2} \\ \underline{3.} & \delta_x = \frac{\sum \delta_i}{n} & \underline{4.} & \delta_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{cp})^2}{n-1}} \end{array}$$





процедур.

3. Понятие точности измерений и достоверности технического контроля. Структурные схемы измерительных и контрольных процедур.

4. Прямые и косвенные измерения, однократные и многократные, равноточные и неравноточные. Классификация измерений по точности.

5. Принципы, методы и методики измерений. Метод непосредственной оценки, методы сравнения с мерой: нулевой, дифференциальный, замещения, совпадений, компенсации.

6. Иерархия средств измерений по точности. Государственный реестр и группы рабочих средств измерений.

7. Теоретические, методические и приборные (инструментальные) погрешности.

8. Способы обнаружения, исключения и уменьшения систематических погрешностей.

9. Оценка приборных погрешностей при прямых и косвенных измерениях, суммирование погрешностей.

10. Способы нормирования основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности.

11. Случайные погрешности измерений при испытаниях и экспериментах. Принципы постановки статистических измерений и способы представления их результатов.

12. Понятие о доверительном интервале и о доверительной вероятности погрешностей измерений, о достоверности и ошибках первого и второго рода технического контроля.

13. Аналоговые приборы прямого преобразования, их применение в электрических цепях постоянного и переменного тока.

14. Универсальные аналоговые и цифровые вольтметры и измерительные мосты.

15. Принципы работы, структурные схемы и функциональные возможности измерительных преобразователей и приборов с микропроцессорами.

16. Назначение измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов. Понятие об измерительном канале и его погрешностях.

17. Методы измерения параметров магнитных и электромагнитных полей и изделий из ферромагнитных материалов.

18. Принципы работы аналоговых и цифровых веберметров и тесламетров.

19. Особенности измерения магнитных потоков, индукций и напряженностей электромагнитных полей в воздушных зазорах электрических машин.

20. Физические принципы измерения неэлектрических величин. Параметрические и генераторные преобразователи, их чувствительности и коэффициенты преобразования.

21. Структурная схема датчика и его метрологические характеристики.

22. Методы измерения и контроля температуры объектов и его вращающихся частей.

23. Методы и техника измерения угловых скоростей электрических машин, достоинства стробоскопов.

24. Электрические измерения параметров вибраций и уровня шумов машин и механизмов.

25. Техническая диагностика работоспособности электрических машин во время их эксплуатации по результатам измерения и контроля режимов и условий их работы.

26. Новые законодательные акты РФ по техническому регулированию. Назначение технических регламентов.

27. Стандарты МЭК по качеству электротехнических изделий. Подтверждение соответствия и другие формы сертификации, действующие в настоящее время в РФ.

28. Принципы метрологического обеспечения испытаний, эксплуатации и ремонта электротехнического оборудования и его производства.

29. Приборы учета электрической энергии промышленной частоты. Электронные счетчики и схемы их включения.

30. Особенности измерения больших токов. Шунты и измерительные трансформаторы тока. Схемы включения.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится по тест-билетам, содержит 10 вопросов и представляется в письменном виде. Студенту выдается случайный билет. Проводится в аудитории для практических или лекционных занятий. Время проведения – 20 минут. Ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации. Результат сообщается сразу.

Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 5 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 5 до 7 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 9 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 9 до 10 баллов.)

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные положения метрологии, электрических измерений и технического контроля	ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Погрешности измерений, достоверность и ошибки технического контроля	ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Аналоговая и цифровая измерительная техника	ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Аналоговая и цифровая измерительная техника	ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Аналоговая и цифровая	ОПК-6	Тест, контрольная

	измерительная техника		работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Закон РФ «О техническом регулировании», технические регламенты и их метрологическое обеспечение	ОПК-6	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 20 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с 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.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 20 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ким К.К. и др. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учебник М.; 2006. – 412 с.
2. Якименков Л.И. Метрология, стандартизация, и сертификация. Учебное пособие. – Воронеж: Изд. «Научная книга» сер. «Открытое образование»; 2009. – 128 с.
3. Савельева Е.Л. Метрология: учебное пособие [Электронный ресурс] – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2020 – 1,04 Мб.
4. Бахраков, В.М. Метрология [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Бахраков. — Электрон. дан.: ПГТУ, 2016. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93227>.
4. 215-2021 Метрология [Текст] : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" очной формы обучения / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", кафедра электромеханических

систем и электроснабжения ; сост. : Е. Л. Савельева, В. П. Шелякин. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. - 28 с. : ил. : табл. - Библиогр.: с. 27 (4 назв.).

## **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
- Компас-График LT;
- AutoCAD
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- SMath Studio;
- Internet explorer.

### 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

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

### 8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Национальная электронная библиотека. URL: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
- Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Адрес ресурса: <https://www.gost.ru/portal/gost/>
- Главный форум метрологов. Адрес ресурса: <https://info.metrologu.ru/grsi/>
- Журнал ЭЛЕКТРИЧЕСТВО Адрес ресурса: <https://www.booksite.ru/elektr/index.htm>
- Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Учебная лаборатория «Метрология и электрические измерения», оборудованная стендами, укомплектованными измерительными средствами (электромеханическими щитовыми приборами, аналоговыми электронными и цифровыми универсальными приборами, лабораторными и промышленными измерительными мостами, датчиками

неэлектрических величин, измерителями индукции и магнитного поля, измерительными трансформаторами, стандартными генераторами и вспомогательным оборудованием.

Натурные лекционные демонстрации в виде муляжей электроизмерительных приборов и преобразователей (вольтметров, ваттметров, амперметров, однофазных и трехфазных счетчиков электрической энергии, измерительных трансформаторов тока, датчиков).

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

По дисциплине «Метрология» .

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

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

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.
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 усвоения 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 промежуточной	Готовиться к промежуточной аттестации следует

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

## 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, предусмотренных в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренных 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, предусмотренных в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренных 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, предусмотренных в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренных 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	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

электроснабжения						
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

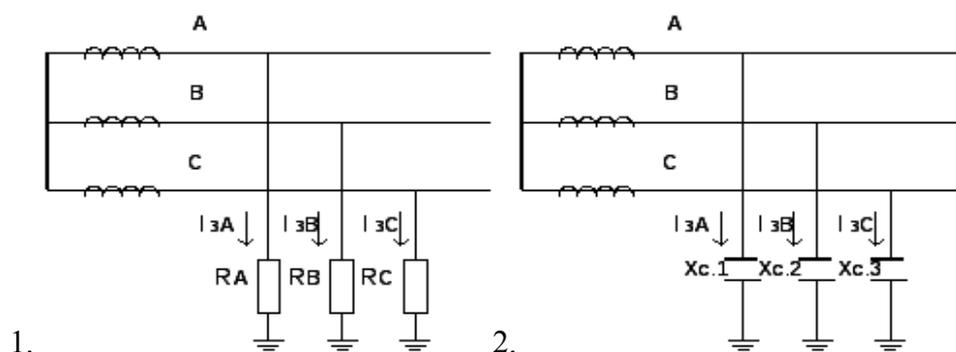
#### 1. Каких режимов нейтрали электрических сетей нет

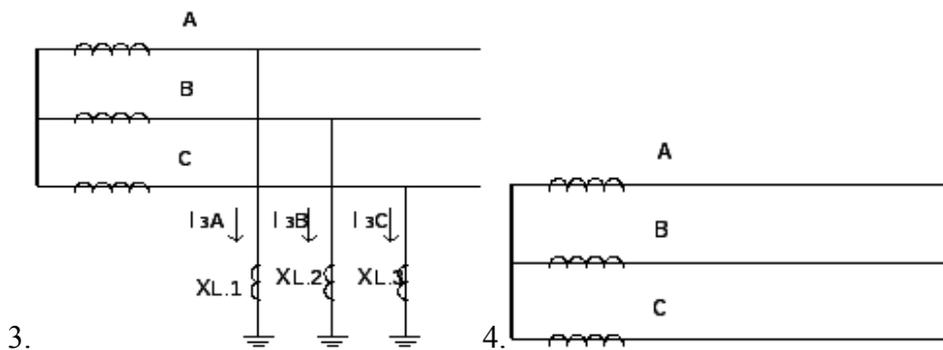
- 1) Глухозаземленная нейтраль.
- 2) Глухоизолированная нейтраль.
- 3) Эффективно заземленная нейтраль.
- 4) Изолированная нейтраль.
- 5) Нейтраль заземленная через дугогасящий реактор.

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

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

#### 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.

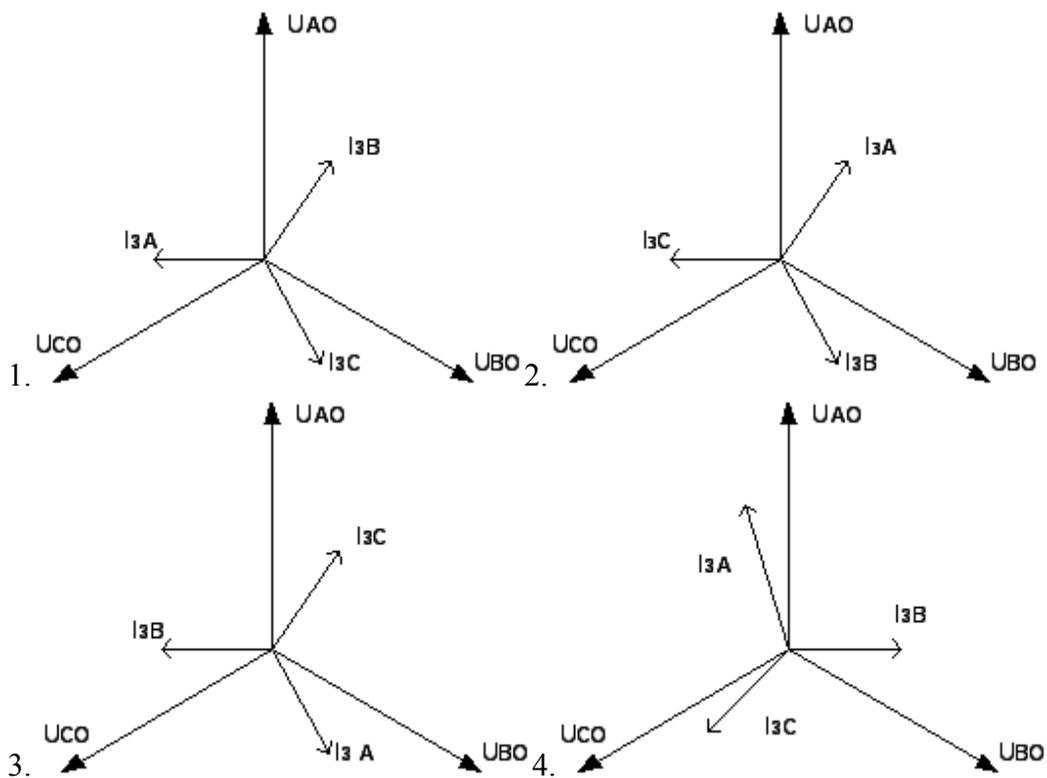
**8. В каких сетях выбирается режим с эффективно заземленной нейтралью**

- 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.

Р, кВ т	2 0	60 5	8 5	92 5	6 4	75 3	10 3	80 3	6 1	36 2	4 2	88 5	9 5	77 0	6 0	42 0	3 0
Т, ч	8	8.3 0	9	9.3 0	1 0	10.3 0	11	11.3 0	1 2	12.3 0	1 3	13.3 0	1 4	14.3 0	1 5	15.3 0	1 6

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:

а) главный подъём, ПВ=15% с двумя двигателями по 80 кВт (двигатели работают одновременно);

б) вспомогательный подъём, главная и вспомогательные тележки, ПВ=25% с тремя двигателями мощностью 12 кВт, 16 кВт и 55 кВт;

в) 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:  $S_{наст}=25$  кВА;  $PВ_{наст}=0,25$ ;  $\cos\varphi_{наст}=0,5$ ;  $U_{ф}=220$  В. Определить условную трёхфазную номинальную мощность сети.
5. Сварочный трансформатор паспортной мощностью 80 кВА;  $U_{ном}=380$  В;  $PВ=0,25$ ;  $\cos\varphi=0,5$  включен в одно плечо трехфазной сети 380/220 В. Определить условную трёхфазную номинальную мощность сети.
6. Два сварочных трансформатора паспортной мощностью соответственно:  $S_{наст1}=80$  кВА,  $PВ_1=0,5$ ;  $\cos\varphi_1=0,5$ ;  $S_{наст2}=30$  кВА,  $PВ_2=0,65$ ;  $\cos\varphi_2=0,53$ ; 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 объеме 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  $T_{M.A}$ . Как оно определяется?
26. С помощью годового графика по продолжительности использования электрических нагрузок поясните, что такое  $\tau_M$ . 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  $n_{\Sigma}$ . 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 одновременности 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

- <http://window.edu.ru>
- <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; пометать 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.

<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует 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.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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