

**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

«25» ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Метрология»

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 2023

Автор программы ст.
преподаватель

Савельева /Е.Л. Савельева/

И.о. заведующего кафедрой
электромеханических
систем и электроснабжения

Шелякин /В.П. Шелякин/

Руководитель ОПОП

Ситников /Н.В. Ситников/

Воронеж 2022

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
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	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
Аудиторные занятия (всего)	8	8
В том числе:		
Лекции	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	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	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. 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.	4	6	8	18
2	Погрешности измерений, достоверность и ошибки технического контроля	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	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 миллиамперметров 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
Итого			18	36	54	108

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 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	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
Итого			4	4	96	104

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 (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. Какая характеристика качества измерений обеспечивает близость к нулю случайных погрешностей?

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| <u>1.</u> Сопоставимость | <u>2.</u> Правильность |
| <u>3.</u> Достоверность | <u>4.</u> Воспроизводимость |
| <u>5.</u> Сходимость | |

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

- | | |
|---|---------------------|
| <u>1.</u> Нулевой | <u>2.</u> Замещения |
| <u>3.</u> Совпадения | |
| <u>4.</u> У всех этих методов мера должна быть переменной | |

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

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| <u>1.</u> Калибровка | <u>2.</u> Поверка |
| <u>3.</u> Градуировка | <u>4.</u> Юстировка |

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

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| <u>1.</u> Научная | <u>2.</u> Прикладная |
| <u>3.</u> Законодательная | <u>4.</u> Техническая диагностика |
| <u>5.</u> Квалиметрия | |

5. Укажите важнейшую качественную характеристику контроля.

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| <u>1.</u> Точность | <u>2.</u> Достоверность |
| <u>3.</u> Корректность | <u>4.</u> Погрешность |

5. Ошибки 1^{го} и 2^{го} рода

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

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| <u>1.</u> Выпрямитель | <u>2.</u> Ограничитель |
| <u>3.</u> Повторитель | <u>4.</u> Смеситель |
| <u>5.</u> Усилитель | |

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

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| <u>1.</u> Электромагнитный | <u>2.</u> Магнитоэлектрический |
| <u>3.</u> Электростатический | <u>4.</u> Электродинамический |
| <u>5.</u> Электронный | |

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

- | |
|--|
| <u>1.</u> Обеспечение постоянства чувствительности |
| <u>2.</u> Уменьшение погрешности отсчета |
| <u>3.</u> Простота изготовления шкалы |
| <u>4.</u> Увеличение чувствительности |
| <u>5.</u> Удобство эксплуатации |

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

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| <u>1.</u> электромагнитный | <u>2.</u> электростатический |
| <u>3.</u> индукционный | <u>4.</u> электродинамический |
| <u>5.</u> выпрямительный | |

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

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

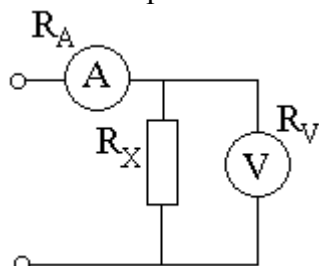
1. Отраслевой стандарт
2. Технические условия
3. Конструкторско-технологическая документация
4. Стандарт предприятия
5. Свидетельство о метрологической аттестации

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, Δ – абсолютная погрешность прибора?

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

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 , исключаящую методическую погрешность. Приборными погрешностями можно пренебречь

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

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

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

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

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

6. Укажите неправильный способ задания контролируемого параметра X

1. $X_H \pm d$

2. От $X_{\min}$ до $X_{\max}$

3. $X_{\min} \div X_{\max}$

4. Не более $X_{\max}$ или не менее $X_{\min}$

7. Показания стрелочного амперметра - 5 А, верхнее значение шкалы – 10 А, класс точности 1.0. Оценить относительную приборную погрешность измерения

1. $\pm 1\%$

2. $\pm 20\%$

3. $\pm 200\%$

4. $\pm 2\%$

5. $\pm 0,5\%$

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

1. $R_x = \frac{U}{I}$

2. $R_x = \frac{U}{I} - R_A$

3. $R_x = \frac{U}{I} + \frac{R_x^2}{R_x + R_v}$

9. Сопротивление измеряется косвенным путем по схеме вопроса 2. Выберите правильную формулу (из приведенных в вопросе 8) для вычисления R_x , исключая методическую погрешность. Приборными погрешностями пренебречь.

10. Укажите зависимость угловой скорости вращения диска индукционного счетчика электрической энергии

1. $\omega = k_1 i^2(t)$

2. $\omega = k_2 i(t)u(t)$

3. $\omega = k_3 u^2(t)$

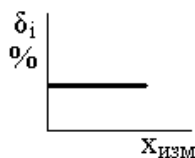
4. $\omega = k_4 p(t)$

5. $\omega = k_5 w(t)$

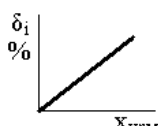
Здесь $i(t)$ – мгновенное значение тока, $u(t)$ – мгновенное значение напряжения, $p(t)$ – мгновенное значение активной мощности, $w(t)$ – мгновенное значение потребляемой энергии.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

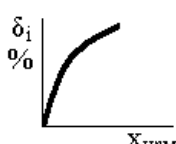
1. Какова зависимость относительной погрешности (ее оценки) единичного измерения прибором, у которого класс точности характеризует приведенную погрешность?



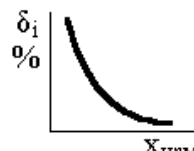
1.



2.



3.



4.

2. Показания стрелочного амперметра - 5 А, верхнее значение шкалы – 10 А, класс точности 1.0. Оценить относительную приборную погрешность измерения

1. $\pm 1\%$

2. $\pm 20\%$

3. $\pm 200\%$

4. $\pm 2\%$

5. $\pm 0,5\%$

3. Укажите зависимость угловой скорости вращения диска индукционного счетчика электрической энергии

1. $\omega = k_1 i^2(t)$

2. $\omega = k_2 i(t)u(t)$

3. $\omega = k_3 u^2(t)$

4. $\omega = k_4 p(t)$

5. $\omega = k_5 w(t)$

Здесь $i(t)$ – мгновенное значение тока, $u(t)$ – мгновенное значение напряжения, $p(t)$ – мгновенное значение активной мощности, $w(t)$ – мгновенное значение потребляемой энергии.

4. Укажите тип электромеханического вольтметра, широко применяемого для прямых измерений напряжений в диапазоне от 1 кВ до 50 кВ.

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. Бастраков, В.М. Метрология [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Бастраков. — 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
- 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; 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.
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.
------------	---

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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