

**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 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

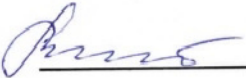
Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

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  /Питолин В.М./

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 обязательной 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
зач.ед.	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	108	108
зач.ед.	3	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	4	6	8	18

		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 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 основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности.	4	6	8	18
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 милливельберметров 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 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.	2	2	16	20
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 основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности.	2	2	16	20
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.	-	-	16	16

		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	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 оборудования; навыками работы с типовыми компьютерными программами статистической обработки данных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 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 программами статистической обработки данных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	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. 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

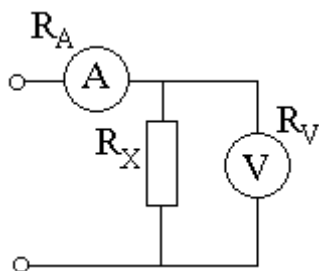
3. Градуировка

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^{го} и 2^{го} 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

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

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

1. $R_X = \frac{U}{I}$
2. $R_X = \frac{U}{I} - R_A$
3. $R_X = \frac{U}{I} + \frac{R_X^2}{R_X + R_V}$

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

1. 300 В
2. $300 \cdot \sqrt{2} B$
3. $\frac{300}{\sqrt{2}} B$
4. $\frac{300}{2/\pi} B$
5. $300 \cdot \frac{2}{\pi} B$

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

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

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.

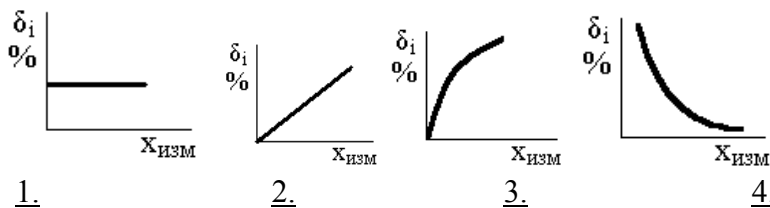
10. Укажите зависимость угловой скорости вращения диска индукционного счетчика электрической энергии

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?



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.

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

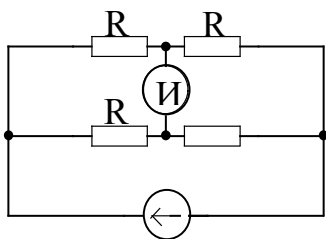
5. Выберите вольтметр для измерения напряжения в диапазоне частот от 0 до 100 кГц.

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

6. Укажите прибор, обладающий самой высокой чувствительностью среди ниже перечисленных..

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

7. Укажите условия баланса мостовой схемы



1. $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$

2. $R_1 \cdot R_2 = R_3 \cdot R_4$

3. $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$

4. $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

5. $\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$

8. Выберите тип делителя напряжения, если необходимо от источника переменного напряжения 100 В получить на выходе делителя 50 В с высокой точностью.

1. резистивный

2. индуктивный

3. конденсаторный

4. конденсаторно-индуктивный

5. резистивно-конденсаторный

9. Укажите уравнение шкалы электродинамического ваттметра.

1. $\alpha = K_1 I^2$

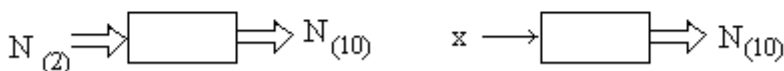
2. $\alpha = K_2 I$

$\alpha = f \frac{I_1}{I_2}$

3. $\alpha = K_3 I_1 I_2$

4.

10. Укажите условное обозначение структурной схемы цифровой меры.



Здесь АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ДШ – дешифратор (преобразователь код-код);

ЦИП – цифровой измерительный прибор.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Мерология как наука об измерениях. Значение единства измерений. Место измерений среди других опытных процедур.

2. Определение измерений и технического контроля как информационных 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, защита лабораторных работ, устный опрос
2	Погрешности измерений, достоверность и ошибки технического контроля	ОПК-6	Тест, защита лабораторных работ
3	Аналоговая и цифровая измерительная техника	ОПК-6	Тест, защита лабораторных работ
4	Аналоговая и цифровая измерительная техника	ОПК-6	Тест, защита лабораторных работ
5	Аналоговая и цифровая измерительная техника	ОПК-6	Тест, защита лабораторных работ
6	Закон РФ «О техническом регулировании», технические регламенты и их метрологическое обеспечение	ОПК-6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос

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
- 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» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

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 аттестации	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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.