

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

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

« 20 » _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

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

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: _____  Н. Б. Сибирцева

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

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

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

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

« 15 » мая 2021 г.

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

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
теоретическая и практическая профессиональная подготовка	ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	ОПК-6.1. Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	<p>Знания классификации методов и средств измерений электрических и неэлектрических величин; основ теории и практики проведения измерений; нормативно-технической документации в области метрологии; классификацию основных технических средства, используемых для измерения электрических и неэлектрических величин, их технические и метрологические характеристики; правила выбора средств измерений электрических и неэлектрических величин</p> <p>Умения осуществлять расчет и выбор методов измерений применительно к объектам профессиональной деятельности</p> <p>Навыки проведения измерений электрических и неэлектрических величин, обработки полученных и представления в требуемой форме</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Технические измерения и приборы
2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (5 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	90	90
Лекции	34	34
Лабораторные	34	34
Практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	126	126
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения об измерениях и погрешностях					
1.1	Основные понятия метрологии. Введение в теорию измерений; классификация средств измерений; международная система единиц. Государственная система метрологии. Рабочие измерительные средства и эталоны.	2			2
2. Обработка результатов измерений					

2.1	Классификация измерений. Сведения о погрешностях средств измерений. Классификация погрешностей: абсолютная, относительная, приведенная; аддитивная и мультипликативная; систематическая и случайная. Нормирование метрологических характеристик средств измерений, классы точности. Поверка.	2	2		3
2.2	Характеристика случайных погрешностей. Функции распределения случайных погрешностей. Прямые и косвенные измерения. Погрешность косвенных измерений. Обработка результатов измерений с однократными и многократными наблюдениями и представление результатов.	2	3	4	8
3. Функциональная, структурная и техническая организация измерительных устройств					
3.1	Электромеханические аналоговые измерительные приборы. Классификация, принцип действия, применение. Общие характеристики и уравнения движения магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических, и индукционных приборов. Условные обозначения измерительных механизмов. Знаки на шкалах и щитках приборов.	-	2	4	6
3.2	Расширение пределов измерений. Шунты, добавочные резисторы, измерительные трансформаторы тока и напряжения.	2	2	4	7
3.3	Аналоговые электронные вольтметры. Структурные схемы. Виды преобразователей. Влияние формы кривой измеряемого напряжения на показания аналогового электронного вольтметра.	2	-	-	2
3.4	Устройство и принцип работы цифровых приборов. Структура. Дискретизация. Цифровое кодирование. Методы преобразования непрерывной величины в дискретную. Кодоимпульсное, время- и частотно-импульсное преобразования.	2	-	-	2
4. Методы измерения электрических величин					
4.1	Методы измерения больших и малых активных сопротивлений и полной проводимости: метод амперметра и вольтметра мостовые измерительные схемы.	2	2	4	7
4.2	Методы измерения индуктивности. Методы измерения емкости. Методы измерения добротности. Методы измерения магнитных величин. Методы измерения частоты, интервалов времени и фазы.	2	2	4	7
4.3	Методы измерения активной и реактивной мощности в трехфазных цепях при симметричной и несимметричной нагрузке.	2	2	4	8
4.4	Измерение электрической энергии. Типы приборов учета электрической энергии. Методы поверки	2		4	5
4.5	Измерение частоты и интервалов времени. Метод заряда конденсатора для измерения частоты. Цифровые и микропроцессорные приборы для измерения частоты	2	-	2	3
5. Измерение неэлектрических величин					

5.1	Измерение температуры. Контактный метод измерения температуры. Термоэлектрические преобразователи и термопреобразователи сопротивления. Статические и динамические характеристики термопреобразователей	2	-	3	4
5.2	Измерение температуры. Бесконтактный метод измерения температуры. Пирометр. Тепловизор. Диагностика электрооборудования	2	-	3	4
5.3	Измерение давления. Классификация манометров. Деформационные манометры. Тензометрические и пьезоэлектрические датчики давления.	2	-	-	1
5.4	Измерение расхода. Классификация расходомеров. Тахометрические, ультразвуковые и электромагнитные расходомеры	2	-	-	1
5.5	Измерение уровня. Классификация уровнемеров. Поплавковые, гидростатические, емкостные. кондуктометрические, ультразвуковые расходомеры	2	-	-	1
5.5	Диагностика систем электроснабжения. Назначение систем диагностики	2	-	-	1
	ВСЕГО	34	17	34	72

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Обработка результатов измерений	Сведения о погрешностях средств измерений. Классы точности. Метрологические характеристики средств измерений. Поверка.	2	2
2		Обработка результатов при прямых однократных и многократных измерениях. Оценивание погрешности косвенных измерений.	3	3
3	Функциональная, структурная и техническая организация измерительных устройств	Общие характеристики и уравнения движения магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических измерительных механизмов. Статические и динамические характеристики.	2	2
4		Расчет сопротивления шунта и добавочного резистора. Определение погрешностей измерительных трансформаторов тока и напряжения.	2	2
5	Методы измерения электрических величин	Методы измерения больших и малых активных сопротивлений и полной проводимости: метод амперметра и вольтметра мостовые измерительные схемы. Чувствительность мостовой схемы.	2	2
6		Измерение параметров участков электрических цепей (индуктивности, емкости, проводимости и добротности). Мосты переменного тока.	2	2

7		Измерение мощности в однофазных цепях. Методическая погрешность измерения тока, напряжения, мощности. Влияние внутреннего сопротивления средств измерения на результат.	2	2
8		Измерение мощности в трехфазных цепях при симметричной и несимметричной нагрузке, при соединении треугольником и звездой.	2	2
ИТОГО:			17	17

3.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Обработка результатов измерений	Поверка амперметра и вольтметра магнитоэлектрической системы	2	2
2		Поверка ваттметра электродинамической системы	2	2
3	Функциональная, структурная и техническая организация измерительных устройств	Поверка счетчика электрической энергии	2	2
4		Расширение пределов измерений амперметра и вольтметра	2	2
6	Методы измерения электрических величин	Измерение активной мощности в трехфазных цепях	4	4
		Измерение сопротивлений косвенным методом	4	4
7		Измерение коэффициента мощности $\cos\phi$ при различных видах нагрузок	4	4
8		Измерение индуктивности косвенным методом	4	4
9		Измерение напряжения и частоты переменного тока с помощью осциллографа	4	4
10	Измерение неэлектрических величин	Исследование статических характеристик термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления	3	3
11		Исследование динамических характеристик пирометра и термопреобразователей	3	3
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

3.4. Содержание расчетно-графического задания.

Расчетно-графическое задание имеет целью ознакомить студентов с измерениями из наиболее часто встречающихся в практике величин – активных и ре-

активных мощностей в трехфазных цепях. В процессе выполнения задания студент должен ознакомиться с текущей справочно-каталожной информацией, выбрать необходимые приборы и аппараты, произвести необходимые расчеты, определить ожидаемые погрешности результатов измерения и привести схему включения приборов с их спецификацией.

Пример исходных данных для выполнения задания №1 РГЗ:

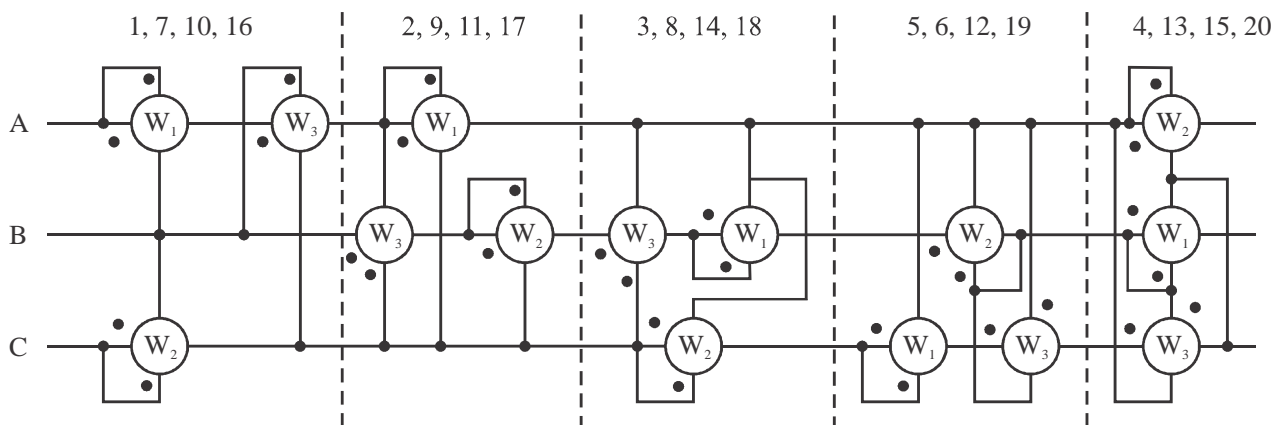


Схема включения ваттметров выбирается в соответствии с номером студента в списке группы.

Исходными данными являются так же показания ваттметров W_1 и W_2 , коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов напряжения и тока $K_{ТН}$ и $K_{ТТ}$. Напряжение, при котором получены показания ваттметров, во всех вариантах составляют 100В.

В процессе выполнения задания необходимо:

- Составить схему включения ваттметров, аналогичную приведенной в задании, но для включения через измерительные трансформаторы с заданными коэффициентами. Выбрать лабораторные измерительные приборы и трансформаторы, дать их спецификацию с краткой технической характеристикой.

- Определить активную и реактивную мощности, коэффициент мощности, показания ваттметра, а так же максимальную активную мощность, которую можно измерить данными приборами.

Построить векторную диаграмму, на которой указать токи и напряжения, действующие на ваттметры.

- Определить потребляемую приборами мощность.

- Определить систематическую и случайную погрешности измерения (с учетом влияния измерительных трансформаторов).

Пример исходных данных для выполнения задания №2 РГЗ:

Известно, что к трехпроводной сети с равномерной нагрузкой фаз, порядком их чередования А, В, С подключен приемник, который потребляет активную мощность P и реактивную мощность, если известно, что напряжение сети - 6кВ.

В процессе выполнения задания необходимо:

- Составить схему включения ваттметров, для измерения активной и реактивной мощности потребителя.

- Выбрать лабораторные измерительные приборы и трансформаторы, дать их спецификацию с краткой технической характеристикой.

- Определить показания ваттметров, построив векторную диаграмму, на которой указать токи и напряжения, действующие на ваттметры.
- Определить потребляемую приборами мощность.
- Определить систематическую и случайную погрешности измерения (с учетом влияния измерительных трансформаторов).

Текст работы должен быть представлен в рукописном или машинописном виде на бумаге формата А4. При наборе текста и расчетных необходимо использовать 12-14 размер шрифта «Times New Roman», одинарный или полуторный интервал, выравнивание абзацев по ширине. Электрические схемы оформляются в соответствии с ГОСТ. Рисунки, диаграммы и таблицы нумеруются

Объем времени на самостоятельную работу, необходимого для выполнения задания составляет 18 часов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

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

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-6.1. Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Экзамен, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце пятого семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). Для подготовки к ответу на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится время 60 минут. После проверки задачи и ответа на теоретические вопросы билета могут быть заданы дополнительные вопросы.

Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие сведения об измерениях и погрешностях	1. Методы передачи размеров единиц физических величин. Эталоны 2. Государственная система приборов 3. Классификация погрешностей. Класс точности 4. Метрологические характеристики средств измерения. Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов. 5. Статические и динамические характеристики измерительных приборов. Уравнение динамики. Передаточные функции
2	Обработка результатов измерений	1. Понятие систематической и случайной погрешности 2. Числовые характеристики случайных погрешностей. операции над

		<p>случайными числами</p> <p>3. Законы распределения случайных погрешностей: закон Гаусса. Стьюдента, Симпсона</p> <p>4. Прямые однократные измерения. Оценивание погрешности</p> <p>5. Прямые многократные измерения. Оценивание погрешности</p> <p>6. Погрешность косвенных измерений</p>
3	Функциональная, структурная и техническая организация измерительных устройств	<p>1. Измерительный прибор. Рабочая часть шкалы. Пределы измерений. Диапазон измерений. Вариация показаний. Поверка амперметра и вольтметра.</p> <p>2. Магнитоэлектрический амперметр: конструкция, принцип действия, уравнение шкалы.</p> <p>3. Электромагнитный амперметр: конструкция, принцип действия, уравнение шкалы.</p> <p>4. Электродинамический ваттметр: конструкция, принцип действия, уравнение шкалы.</p> <p>5. Типы приборов учета электрической энергии. Устройство, принцип работы</p> <p>6. Измерительные трансформаторы тока: конструкция, критерии выбора, метрологические характеристики. Пример включения амперметра и ваттметра через измерительные трансформаторы.</p> <p>7. Измерительные трансформаторы напряжения: конструкция, критерии выбора, метрологические характеристики. Пример включения вольтметра и счетчика электрической энергии через измерительные трансформаторы.</p> <p>8. Цифровые измерительные приборы и преобразователи: разрешающая способность, быстродействие, помехоустойчивость. Обобщенная структура. Особенности приборов прямого и уравнивающего преобразования. Функциональные схемы.</p> <p>9. Цифровые измерительные приборы. Технические характеристики. Структура. Особенности работы приборов развертывающего и следящего уравнивания.</p> <p>10. Кодоимпульсный вольтметр. Структура. Алгоритм работы.</p> <p>11. Времяимпульсный вольтметр с генератором линейно изменяющегося напряжения. Структура. Алгоритм работы.</p> <p>12. Времяимпульсный вольтметр с двойным интегрированием. Структура. Алгоритм работы.</p> <p>13. Приборы для измерения частоты и интервалов времени</p>
4	Методы измерения электрических величин	<p>1. Косвенные методы измерения сопротивления. Метод амперметра и вольтметра. Погрешности косвенных методов.</p> <p>2. Косвенные методы измерения сопротивления. Измерение больших сопротивлений (метод амперметра и вольтметра, метод заряда конденсатора).</p> <p>3. Косвенные методы измерения сопротивления. Одинарный мост. Двух и трехпроводная схема.</p> <p>4. Мостовые схемы для измерения сопротивлений. Двойной мост. Достоинства и недостатки.</p> <p>5. Мосты переменного тока. Мостовые схемы для измерения емкости.</p> <p>6. Мосты переменного тока. Мостовые схемы для измерения емкости конденсатора без потерь, с малыми и большими потерями.</p> <p>7. Мостовые схемы для измерения параметров цепей. Основные характеристики мостовых схем: чувствительность, входные сопротивления.</p> <p>8. Классификация методов измерений. Измерение емкости методом</p>

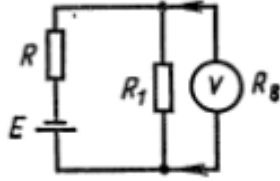
		<p>замещения.</p> <p>9. Классификация методов измерений. Измерение индуктивности методом замещения.</p> <p>10. Классификация методов измерений. Куметр.</p> <p>11. Измерение активной мощности в трехфазных цепях при симметричной нагрузке при соединении нагрузки треугольником и звездой.</p> <p>12. Измерение активной мощности в трехфазных цепях при несимметричной нагрузке, соединенной треугольником.</p> <p>13. Измерение активной мощности в трехфазных цепях при несимметричной нагрузке, соединенной звездой при наличии и отсутствии нейтрального провода.</p> <p>14. Измерение мощности в трехфазных цепях. Метод двух ваттметров для измерения активной и реактивной мощности.</p>
5	Измерение неэлектрических величин	<p>1. Датчики и приборы для измерения температуры. Контактные датчики: классификация, статические и динамические характеристики, принцип работы.</p> <p>2. Датчики и приборы для измерения температуры. Бесконтактные датчики: классификация, статические и динамические характеристики, принцип работы.</p> <p>3. Бесконтактные методы измерения температуры. Принцип действия пирометров частичного излучения, спектрального отношения, полного излучения. Тепловизор.</p> <p>4. Датчики и приборы для измерения давления. Их назначение и классификация. Основные типы датчиков давления и их принцип действия. Передаточные функции датчиков давления.</p> <p>5. Датчики и приборы для измерения количества и расхода. Их назначение и классификация. Особенности, статические и динамические характеристики и принцип действия турбинных, крыльчатых и вихревых расходомеров.</p> <p>6. Датчики и приборы для измерения количества и расхода. Их назначения и классификация. Особенности, статические и динамические характеристики и принцип действия электромагнитных и ультразвуковых расходомеров.</p> <p>7. Датчики и приборы для измерения количества и расхода. Их назначения и классификация. Особенности, статические и динамические характеристики и принцип действия расходомеров переменного перепада давления.</p> <p>8. Датчики и приборы для измерения уровня. Их назначения и классификация. Основные типы датчиков давления и их принцип действия. Передаточные функции датчиков давления.</p>

Перечень типовых задач для практической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие сведения об измерениях и погрешностях	<p>1. Оценить инструментальные погрешности измерения тока двумя магнитоэлектрическими миллиамперметрами с классами точности 0,5 и 1.0 и указать, какой из результатов получен с большей точностью $I_1 = 19,0$ мА и $I_2 = 18,6$ мА. Миллиамперметры имеют нули в начале шкалы и пределы $A_1 = 50$ мА и $A_2 = 20$ мА</p> <p>2. Определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения $U = 6,4$ В, если измерения проводились магнитоэлектрическим вольтметром с двухсторонней шкалой,</p>

классом точности 1,5 и пределом измерения $A = 25 \text{ В}$

3. Вольтметром с верхним пределом 2В измеряется напряжение на зажимах цепи на рисунке. Ток полного отклонения 1,5 мА, $E = 1\text{В}$, $R = 50 \text{ Ом}$, $R_1 = 300 \text{ Ом}$. Определите относительную методическую погрешность измерения напряжения и сопротивление вольтметра, использованного для измерения.



4. В результате калибровки вольтметра магнитоэлектрической системы со шкалой 0...50 В, классом точности 0,5 и шагом шкалы 10 В получены показания образцового вольтметра:

U, В	0	10	20	30	40	50
U _н , В	0,2	10,2	19,9	30,3	39,5	50,9

Определить относительную и приведенную погрешность. Оценить, соответствует ли прибор паспортному классу точности. Ввести график поправок для обеспечения паспортного класса точности

5. Для измерения силы тока включается микроамперметр класса точности 1,5, имеющий верхний предел измерения 1мкА и внутреннее сопротивление 7300 Ом. При напряжении 15мВ и сопротивлении нагрузки 10 кОм определите:

- относительную методическую погрешность измерения тока микроамперметром;

- наибольшую относительную погрешность результата измерения тока микроамперметром класса точности 1,5 с пределом измерения 1мкА

2 Обработка результатов измерений

1. Резонансная частота колебательного контура определялась путем однократного измерения индуктивности $L=0,34 \text{ Гн}$ и емкости $C=5 \text{ нФ}$, входящих в него катушки индуктивности и конденсатора с последующим вычислением по формуле $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. На основании предыдущих измерений частоты аналогичных контуров известна оценка СКО измерения частоты $\sigma_f = 0,14 \text{ кГц}$, границы неисключенных остатков систематической погрешности измерения индуктивности $\Delta_{cl} = 0,11$ и емкости $\Delta_{cc} = 0,11$. Определить доверительные границы погрешности косвенного измерения частоты с доверительной вероятностью 0,95.

2. Проведены многократные прямые измерения сопротивления (таб.). Оценить случайную погрешность измерения, считая результаты исправленными и равноточными.

Доверительную вероятность принять $P_d = 0,95$.

R, Ом	32,700	32,744	32,786	32,578	32,848	32,593
-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

3. Измерено напряжение 40В вольтметром класса точности 1% с верхним пределом измерением 50В. Измерена сила тока 2 мА абсолютной погрешностью 0,1 мА амперметром класса точности 0,5%. Определить значение измеренного сопротивления резистора, абсолютную и относительную погрешность измерения. Оценить погрешность косвенного метода измерения указанными приборами

3 Функциональная, структурная и техническая организация измерительных устройств

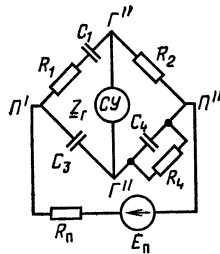
1. Механизм магнитоэлектрического стрелочного гальванометра характеризуется следующими конструктивными параметрами: индукция в зазоре постоянного магнита $B = 0,3 \text{ Тл}$, активная площадь рамки $s = 1,55 \text{ см}^2$, удельный противодействующий момент $W = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м}/\text{рад}$, число витков $w = 1000,5$, средняя длина витка рамки 3,5 см, диаметр провода 0,03 мм, момент инерции подвижной части $J = 0,45 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, угол полного отклонения 15 град. Удельное сопротивление провода 24,6 Ом/м. Определить чувствительность механизма по току и напряжению, ток полного отклонения и критическое сопротивление

2. Определить мощность, потребляемую цепью и показание ваттметра в делениях, если амперметр, вольтметр и ваттметр включены во вторичные обмотки трансформаторов тока с $k_I = 30/5$ и напряжения $k_U = 1000/100$. Показания приборов $I = 3\text{А}$, $U = 100\text{В}$. Сдвиг фаз между током и напряжением в цепи 60° . Ваттметр имеет верхние пределы измерения $I_n = 5\text{А}$, $U_n = 100\text{В}$, и его шкала разбита на 250 делений

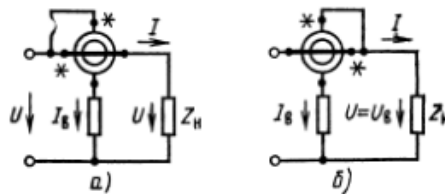
3. Вольтметр электромагнитной системы с верхним пределом измерения 100В проградуирован для работы с трансформатором напряжения с $K_{UN} = 6000/100$. Определите напряжение сети, если стрелка указанного вольтметра, включенного через трансформатор напряжения 10 000/100 остановилась на отметке 4500 В. Погрешностью трансформатора пренебречь.
4. Определить мощность, потребляемую цепью и показание ваттметра в делениях, если амперметр, вольтметр и ваттметр включены во вторичные обмотки трансформаторов тока с $K_I = 50/5$ и напряжения $K_U = 6000/100$. Показания приборов $I = 4A$, $U = 100V$. Сдвиг фаз между током и напряжением в цепи 80° . Ваттметр имеет верхние пределы измерения $I_n = 5A$, $U_n = 150V$, и его шкала разбита на 150 делений
5. Определите возможные пределы первичного тока, если показание в нормальных условиях амперметра класса 2,5, включенного во вторичную обмотку трансформатора тока с $K_{In} = 100/5$, равно $I_2 = 3,5A$. амперметр имеет верхний предел измерения $I_n = 5A$, а погрешность тока трансформатора составляет $f_1 = -0,3\%$

4 Методы измерения электрических величин

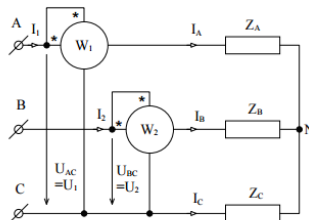
1. Определить значения R_2 и C_4 уравновешенного моста при известных следующих параметрах: $C_1 = 110$ нФ, $tg\delta_1 = 0,003$, $C_3 = 250$ нФ, мкФ, $R_4 = 5$ кОм, $f = 30$ Гц, $tg\delta_4 = 0$.



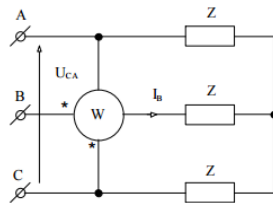
2. Для измерения мощности постоянного тока использован ваттметр с верхними пределами измерения: по току – 1А, по напряжению – 150 В. Сопротивление последовательной цепи ваттметра – 3 Ом, сопротивление параллельной цепи – 5 кОм. По какой схеме нужно включать обмотки ваттметра, чтобы при токе в нагрузке 0,8 А и напряжении на нагрузке 100 В получить наименьшую возможную относительную погрешность результата измерения мощности?



3. Определить показания ваттметров W_1 и W_2 , если известно: полная мощность $S = 3000$ В·А; $\cos\phi = 0.78$; $U_\phi = 220$ В.



4. Определить показание ваттметра, если известно: активное и индуктивное сопротивления фаз приемника соответственно равны $r_\phi = 18$ Ом, $x_\phi = 10$ Ом; фазное напряжение – 127 В



**Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта/ курсовой работы
“Не предусмотрено учебным планом”**

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

Текущий контроль осуществляется в течение 2 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий, выполнения и защиты расчетно-графического задания.

Примеры типовых вопросов и задач для практических занятий

На практических занятиях разбираются примеры решения типовых задач из перечня для подготовки к практической части экзамена.

Примеры типовых вопросов для защиты расчетно-графического задания

1. Поясните критерии выбора измерительных трансформаторов тока и напряжения
2. Поясните, чем обусловлена систематическая погрешность измерения мощности в трехфазных цепях
3. Поясните, почему активная мощность потребителя равна сумме показаний двух ваттметров?
4. Поясните расчет погрешности косвенных измерений?
5. Поясните принцип построения векторной диаграммы токов и напряжений
6. Как влияют технические и метрологические характеристики выбранного ваттметра на точность результата измерений?
7. Поясните выбор способа подключения ваттметров для измерения активной и реактивной мощности в трехфазных цепях?
8. Поясните, как при помощи выбранных ваттметром и схемы подключения можно измерить реактивную мощность?

Перечень типовых вопросов для подготовки к защите лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный пере-

чень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Поверка амперметра и вольтметра магнитоэлектрической системы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поясните назначение элементов конструкции магнитоэлектрического измерительного механизма 2. Поясните принцип действия магнитоэлектрического измерительного механизма 3. Запишите уравнение шкалы магнитоэлектрического амперметра 4. Нарисуйте и поясните статическую характеристику магнитоэлектрического механизма. 5. Поясните методику проведения поверки измерительного прибора 6. Поясните критерии выбора образцового прибора. 7. Дайте определения абсолютной, относительной и приведенной погрешности. 8. Охарактеризуйте предложенный электроизмерительный прибор
2.	Лабораторная работа №2. Поверка ваттметра электродинамической системы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поясните назначение элементов конструкции электродинамического измерительного механизма 2. Поясните принцип действия электродинамического измерительного механизма 3. Запишите уравнение шкалы электродинамического ваттметра 4. Назовите элементы измерительной схемы. Поясните их назначение. 5. В чем отличие методики поверки ваттметра при активной и реактивной нагрузке. 6. По заданным параметрам нагрузки и известном напряжении питания, рассчитайте показания ваттметра. 7. Дайте определение понятию «класс точности». Как определить класс точности по результатам поверки.
3.	Лабораторная работа №3. Поверка счетчика электрической энергии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поясните назначение элементов конструкции индукционного счетчика электрической энергии 2. Поясните принцип действия индукционного счетчика электрической энергии 3. Поясните методику поверки однофазного счетчика. 4. Как определить класс точности однофазного счетчика по результатам поверки? 5. Что такое порог чувствительности счетчика? Как определяется порог чувствительности счетчика? 6. Какие приборы используются для проведения поверки однофазного счетчика?
4.	Лабораторная работа №4. Расширение пределов измерений амперметра и вольтметра	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поясните предварительный расчет предела измерения амперметра при подключении шунта 2. Рассчитайте сопротивление добавочного резистора для получения вольтметра с заданным пределом 3. Рассчитайте сопротивление шунта для получения амперметра с заданным пределом измерения. 4. Можно ли утверждать, что при расширении пределов измерения с помощью шунта или добавочного резистора класс точности используемого прибора сохраняется. Аргументируйте ответ. 5. Рассчитайте предел измерения измерительного прибора при подключении шунта или добавочного резистора с известным сопротивлением.
5.	Лабораторная работа №5. Измерение сопротивлений косвенным методом	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объясните принцип измерения сопротивления резистора методом амперметра и вольтметра. 2. Объясните физическую сущность возникновения больших погрешностей при измерении большого сопротивления в лабораторной работе. 3. В чем отличие схем включения измерительных приборов для измерения больших и малых сопротивлений? 4. Как, зная внутренние сопротивления измерительных приборов можно повысить точность результата измерения сопротивления? 5. Что такое погрешность косвенных измерений?

		<p>6. Как повлияет на результат измерений использование вольтметра с существенно большим сопротивлением?</p> <p>7. Какие косвенные методы измерения сопротивлений Вам известны?</p>
8.	Лабораторная работа №6. Измерение коэффициента мощности $\cos\varphi$ при различных видах нагрузок	<p>1. Поясните устройство фазометра.</p> <p>2. Поясните принцип работы фазометра.</p> <p>3. Что такое угол сдвига фаз между напряжением и током? Какие значения может принимать? От чего зависит?</p> <p>4. Рассчитайте значение угла φ при заданных параметрах нагрузки R, L, C.</p> <p>5. Рассчитайте показания ваттметра при известных параметрах нагрузки R, L, C и напряжении питания.</p> <p>6. Как изменятся показания фазометра, если в схему измерения подключить/отключить один из предложенных элементов.</p>
7.	Лабораторная работа №7. Измерение индуктивности косвенным методом	<p>1. Какие методы измерения индуктивности Вам известны?</p> <p>2. Какие измерительные приборы используются при измерении параметров катушки индуктивности методом амперметра и вольтметра?</p> <p>3. Как зависят показания ваттметра от внутреннего сопротивления амперметра и вольтметра в измерительной схеме?</p> <p>4. Поясните, как рассчитывается активное сопротивление катушки.</p> <p>5. Зависит ли точность полученного результата измерения параметров индуктивной катушки от порядка включения измерительных приборов?</p>
8.	Лабораторная работа №8 Измерение активной мощности в трехфазных цепях	<p>1. Докажите, что рассматриваемые в работе ваттметры измеряют мощность трехфазной нагрузки.</p> <p>2. Можно ли предложенную схему включения ваттметров использовать для измерения мощности нагрузки, соединенной треугольником?</p> <p>3. Что покажет двухэлементный ваттметр, если отключить одну токовую обмотку?</p> <p>4. Рассчитайте показания ваттметра, включенного по предложенной схеме. Нарисуйте векторную диаграмму.</p> <p>5. Как влияет на показания амперметра включение вольтметра для измерения фазного напряжения?</p> <p>6. Почему при измерениях мощности в ходе лабораторной работы, вольтметр оставляют отключенным?</p>
9.	Лабораторная работа №9 Измерение напряжения и частоты переменного тока с помощью осциллографа	<p>1. Почему при измерении напряжения высокой частотой показания вольтметра и осциллографа сильно отличаются?</p> <p>2. Какое оборудование используется для измерения частоты переменного напряжения с помощью осциллографа?</p> <p>3. Поясните методику измерения частоты переменного напряжения с помощью осциллографа?</p> <p>4. Как необходимо настроить осциллограф для получения фигур Лиссажу?</p> <p>5. Поясните формулы, которые используются для расчета частоты.</p>

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (5 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий применяемых в метрологии;
	Полнота ответов на вопросы для подготовки к экзамену
	Логика изложения знаний
Умения	Выбор и построение измерительной схемы
	Расчет измерительной схемы
	Анализ результатов расчета
	Самостоятельность выполнения задания
	Качество оформления задания
Навыки	Анализ и выбор средств измерения
	Проведение измерений электрических и неэлектрических величин
	Оценка погрешности измерений

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

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знания*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий применяемых в метрологии	Не знает терминов и определений, понятий используемых при изучении метрологии	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает технические термины и определения, применяемые в метрологии и технических измерениях	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно, активно использует их при обсуждении профессиональных вопросов
Полнота ответов на вопросы для подготовки к экзамену	Не знает методов и технических средств измерения электрических и неэлектрических величин, их устройства, принципа технической организации; не способен осуществлять выбор метода и средства измерений применительно к конкретной задаче	Знает некоторые методы и технические средства измерения электрических и неэлектрических величин, их устройства, принципа технической организации; затрудняется осуществлять выбор метода и средства измерений применительно к конкретной задаче	Знает основные методы и технические средства измерения электрических и неэлектрических величин, их устройства, принципа технической организации; осуществляет выбор метода и средств измерений применительно к конкретной задаче	Знает основные методы и технические средства измерения электрических и неэлектрических величин, их устройства, принципа технической организации; аргументированно осуществляет выбор метода и средств измерений применительно к конкретной задаче
Логика изложения знаний	Не может построить логическую цепочку рассуждений	Затрудняется выстраивать логические взаимосвязи	Выстраивает логические взаимосвязи между существующими	Выстраивает логические взаимосвязи между существующими

	ний	между существующими методами измерения и технической реализацией средств измерений, не понимает влияния характеристик технических средств измерения на возникающие погрешности	щими методами измерения и технической реализацией средств измерений, понимает влияние характеристик технических средств измерения на возникающие погрешности	щими методами измерения и технической реализацией средств измерений, понимает влияние характеристик технических средств измерения на возникающие погрешности, предлагает возможные пути решения проблем, возникающих при измерениях электрических и неэлектрических величин
--	-----	--	--	---

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор и построение измерительной схемы	Не умеет применять типовые измерительные схемы для конкретной задачи	С трудом составляет измерительные схемы для решения конкретной задачи, но не понимает принципов выбора метода и технических средств измерения	Применяет измерительные схемы для решения конкретной задачи, но не может аргументировать целесообразность применения выбранного метода и технических средств измерения	Применяет измерительные схемы для решения конкретной задачи, аргументирует целесообразность применения выбранного метода и технических средств измерения
Расчет измерительной схемы	Не умеет выполнять расчет измерительной схемы	Испытывает затруднения при выполнении расчета измерительных схем по типовым методикам	Выполняет расчет измерительных схем по типовым методикам	Выполняет расчет измерительных схем по типовым методикам, предлагает варианты усовершенствования существующих методик
Анализ результатов расчета	Не умеет анализировать полученные результаты расчета	Затрудняется выполнять анализ результатов расчета	Выполняет поверхностный анализ результатов расчета, не вникая глубоко в суть источников погрешностей	Выполняет анализ результатов расчета, может перечислить источники возникающих погрешностей и предложить способы их уменьшения
Самостоятельность выполнения задания	Задание выполнено не самостоятельно. Студент не может пояснить приведенные расчеты и результаты	Задание выполнено самостоятельно частично. Студент поясняет большую часть приведенных расчетов и результаты	Задание выполнено самостоятельно. Студент поясняет приведенные расчеты и результаты	Задание выполнено самостоятельно. Студент поясняет приведенные расчеты и результаты
Качество оформления задания	Результаты работы оформлены без соблюдения тре-	Результаты работы оформлены с соблюдением тре-	Результаты работы оформлены с соблюдением тре-	Результаты работы полностью оформлены с со-

	бований к оформлению текстовых документов	бований к оформлению текстовых документов лишь частично	бований к оформлению текстовых документов, но имеются единичные замечания	блюдением требований к оформлению текстовых документов.
--	---	---	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Анализ и выбор средств измерения	Не способен выбирать средства измерения электрических и неэлектрических величин	Выбирает технические средства, пригодные для измерения электрических и неэлектрических величин, не выполняя анализ их технических и метрологических характеристик	Выбирает технические средства, пригодные для измерения электрических и неэлектрических величин, на основе частичного анализа их технических и метрологических характеристик	Выбирает технические средства, для измерения электрических и неэлектрических величин, на основе анализа их технических и метрологических характеристик, аргументированно доказывает правильность выбора
Проведение измерений электрических и неэлектрических величин	Не способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин	Проводит измерения электрических неэлектрических величин, используя предложенные средства измерения и по заданной методике	Самостоятельно проводит измерения электрических неэлектрических величин, используя предложенные средства измерения и по заданной методике	Самостоятельно проводит измерения электрических неэлектрических величин, используя предложенные средства измерения, зная существующие методики
Оценка погрешности измерений	Не способен проводить оценку погрешностей измерений	Испытывает затруднения при оценке погрешности результатов измерений с использованием текста существующих методических рекомендаций	Оценивает погрешности результатов измерений с использованием текста существующих методических рекомендаций	Самостоятельно оценивает погрешности результатов измерений, не используя текст методических рекомендаций

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель.

3	Лаборатория электрических измерений	Специализированная мебель. цифровые мультиметры М890F, электромагнитные миллиамперметры с пределом измерения 100 мА Э421, электромагнитные миллиамперметры с пределом измерения 300 мА Э421, аналоговые двухканальные осциллографы GW Instek GOS-620, генераторы сигналов стандартной формы ГЗ-112/1
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Алексеев В. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / ред. В. В. Алексеев. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 379 с. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-7695-5052-2
2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник / ред. В. И. Нефедов. - Москва: Высшая школа, 2001. - 383 с.
3. Латышенко К.П. Общая теория измерений [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.П. Латышенко. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 300 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20398.html>
4. Шинкоренко Е.В. Технические измерения и приборы. Часть I [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шинкоренко Е.В.— Электрон.

- текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009.— 68 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45449>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Вострокнутов Н.Н. Устройство, свойства погрешности и поверка современных счетчиков электрической энергии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Н. Вострокнутов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. — 108 с. — 978-5-93088-174-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64349.html>
 6. Сибирцева Н. Б., Паращук О. В. Электрические измерения : методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические измерения» для студентов направления бакалавриата 130302 – Электроэнергетика и электротехника, профиль «Электроснабжение», профиль «Электропривод и автоматика» - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 66 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018071310581947300000654761> [Электронно-библиотечная система БГТУ им. В.Г. Шухова]
 7. Сибирцева Н.Б., Паращук О.В., Солдатенков А.С. Электрические измерения : методические указания к выполнению индивидуального домашнего задания по курсу «Электрические измерения» для студентов специальностей 130302 – Электроэнергетика и электротехника. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. - <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018071311174607900000652795> [Электронно-библиотечная система БГТУ им. В.Г. Шухова]

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

1. Методы научного познания. Основы метрологии. (учебное видео) <https://www.youtube.com/watch?v=2IICh0sDIzQ> Учебная телестудия НТУУ "КПИ".
2. Есть такая профессия – приборы проверять. Часть 1. <https://www.youtube.com/watch?v=TxGa37nUeZw> Выпуск программы "Специалисты" на ТРК "Тверской проспект" (г.Тверь), посвященной профессии "Метролог". Программа записана в ФГУ "Тверской ЦСМ"
3. Видеолекция «Мнждународная система единиц. Обеспечение единства измерений» <https://www.youtube.com/watch?v=xyGKb1GUhGY>
4. Электротехнический портал для студентов ВУЗов электротехнических специальностей и инженеров (раздел «электрические измерения») <http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--plai/electro-izmerenya/>
5. Реестр государственных первичных эталонов России <http://fif.vniiftri.ru/DB/com/index.htm?RU,ETALON>
6. ГОСТ 8.736-2011 – Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Методы обработки результатов измерений. Общие положения. <http://www.g-ost.ru/52042.html>
7. МИ 2083-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. <http://docs.cntd.ru/document/1200007609>

8. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. <http://docs.cntd.ru/document/1200037562>

9. ГОСТ 12997-84 – Изделия ГСП. Общие технические условия <http://www.g-ost.ru/1036.html>

10. ГОСТ 8.009-84 - Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений <http://www.g-ost.ru/3190.html>

11. ГОСТ 8.259-2004 - Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики электрические индукционные активной и реактивной энергии. Методика поверки. <http://www.g-ost.ru/5786.html>

12. ГОСТ 8.381-2009 - Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения точности. <http://www.g-ost.ru/50929.html>

13. ГОСТ 8.401-80 - Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования. <http://www.g-ost.ru/23166.html>

14. Каталог электроизмерительных приборов и оборудования ООО «Электронприбор» <http://www.electronpribor.ru/catalog/>

15. Каталог электроизмерительных приборов ООО «Электрополус» <https://www.100amper.ru/catalog/indicators/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть