

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета  
энергетики, доцент  
А.А. Шевченко  
\_\_\_\_\_ 2020 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**«Метрология»**

**Направление подготовки**  
**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

**Направленность подготовки**  
**«Электроснабжение»**

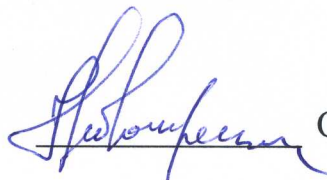
**Уровень высшего образования**  
**Бакалавриат**

**Форма обучения**  
**Очная**

**Краснодар**  
**2020**

Рабочая программа дисциплины «Метрология» разработана на основе  
ФГОС ВО 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного  
приказом Министерства образования и науки РФ 28 февраля 2018 г. № 144

Автор:  
ст. преподаватель



О.В. Новокрещенов

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению  
решением кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых  
источников энергии от 20 апреля 2020 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  
д-р техн. наук, профессор



О.В. Григораш

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии факультета  
энергетики, протокол от 24.04.2020 г., протокол № 9

Председатель  
методической комиссии  
канд. техн. наук, профессор



И.Г. Стрижков

Руководитель  
основной профессиональной  
образовательной программы  
канд. техн. наук, доцент



А.Г. Кудряков

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины

**Целью** освоения дисциплины Б1.О.19 «Метрология» является формирование комплекса знаний о методах и технических средствах измерений электрических и неэлектрических величин.

### Задача дисциплины

– сформировать комплекс знаний о методах и технических средствах измерений электрических и неэлектрических величин.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности.

## 3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

«Метрология» является дисциплиной обязательной части ОПОП ВО подготовки обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность «Электроснабжение».

## 4 Объем дисциплины (144 часов , 4 зачетных единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
<b>Контактная работа</b> в том числе:		
— аудиторная по видам учебных занятий	87	-
— лекции	84	-
— практические	36	-
— лабораторные	16	-
— внеаудиторная	32	-
— зачет	3	-
— экзамен	-	-
— защита курсовых проектов	-	-
<b>Самостоятельная работа</b> в том числе:	57	-

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
— курсовой проект	-	-
— прочие виды самостоятельной работы	57	-
<b>Итого по дисциплине</b>	144	-

## 5 Содержание дисциплины

По итогам изучаемой дисциплины студенты сдают экзамен.  
Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

### Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	<b>Введение в дисциплину. Основные понятия и определения</b> Предмет и задачи дисциплины. Краткие сведения из истории развития метрологии и электрических измерений. Роль отечественных ученых. Основные метрологические понятия и определения. Виды и методы измерений	ОПК-5	5	2			3
2	<b>Погрешности измерений.</b> Абсолютная и относительная погрешности. Статистическая и динамическая погрешности. Систематическая и случайная погрешности.	ОПК-5	5	2	2	2	3
3	<b>Обработка результатов измерений.</b> Оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. Вероятностные методы оценки погрешностей	ОПК-5	5	2	2	2	3
4	<b>Классификация средств измерений.</b> Свойства средств измерений.	ОПК-5	5	2		2	3

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
5	<b>Конструктивные особенности, узлы и детали электро-механических приборов</b> Классификация и принципы маркировки приборов .	ОПК-5	5	2		2	3
6	<b>Магнитоэлектрические механизмы и приборы.</b> Конструкция и принцип действия. Уравнение шкалы. Магнитоэлектрические логометры и приборы на их основе. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями.	ОПК-5	5	2	2	2	3
7	<b>Электромагнитные механизмы и приборы</b> Конструкция и принцип действия. Уравнение шкалы. Астатические приборы.	ОПК-5	5	2	2	2	3
8	<b>Электро- и ферродинамические механизмы и приборы.</b> Конструкция и принцип действия. Уравнение шкалы. Электро- и ферродинамические амперметры, вольтметры и ваттметры. Астатические приборы электродинамической системы.	ОПК-5	5	2	2	2	3
9	<b>Электростатические и индукционные механизмы и приборы.</b> Конструкция и принцип действия. Уравнение шкалы. Электростатические вольтметры Счетчики электрической энергии.	ОПК-5	5	2	2	2	3
10	<b>Вспомогательные измерительные преобразователи.</b> Шунты, добавочные резисторы, измерительные	ОПК-5	5	2		2	3

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	трансформаторы тока и напряжения. Оценка погрешностей						
11	<b>Цифровые измерительные приборы (ЦИП).</b> Классификация. Принципы преобразования сигналов в код. Аналого-цифровые преобразователи. Метрологические характеристики ЦИП. Цифровые вольтметры. Структурные схемы.	ОПК-5	5	2	2	2	3
12	<b>Измерение токов и напряжений .</b> Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока. Измерение тока и напряжения в цепях переменного тока промышленной и повышенной частоты. Критерии выбора средств измерений тока и напряжения.	ОПК-5	5	2		2	4
13	<b>Измерение параметров цепей постоянного тока</b> Измерение сопротивления постоянному току. Косвенное измерение методом вольтметра и амперметра. Использование мостов постоянного тока, магнитоэлектрических омметров. Измерение сопротивлений изоляции и заземлителей.	ОПК-5	5	2		2	3
14	<b>Измерение параметров цепей переменного тока.</b> Использование мостов переменного тока	ОПК-5	5	2		2	3

№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
15	<b>Измерение мощности</b> Измерение мощности в цепях постоянного тока Измерение активной мощности в трехфазных цепях. Измерение реактивной мощности в трех-фазных цепях. Симметричная и несимметричная нагрузка	ОПК-5	5	2	2	2	4
16	<b>Учет электрической энергии</b> Учет активной и реактивной энергии в одно- и трехфазных цепях переменного тока. Включение ваттметров и счетчиков через измерительные трансформаторы тока и напряжения. Особенности учета электрической энергии по двойному тарифу. Электронные счетчики электрической энергии.	ОПК-5	5	2		2	4
17	<b>Оценка параметров качества электроэнергии</b> Показатели и нормы качества электроэнергии. Термины и определения. Отклонения частоты. Колебания напряжения и фликер. Несинусоидальность напряжения. Несимметрия напряжений в трехфазных системах. ГОСТ Р 54149-2010. Приборная оценка	ОПК-5	5	2		2	3
18	<b>Сертификация. Стандартизация.</b> Цель и роль сертификации. Номенклатура продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации. Схемы сертификации продукции.	ОПК-5	5	2			3



№ п/п	Тема. Основные вопросы	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Метрологическая служба. Государственный метрологический контроль						
Итого				36	16	32	57

## 6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Метрология, стандартизация и сертификация. Электромеханические приборы. Поверка, калибровка. Учебное пособие / О. В. Новокрещеннов – Краснодар: КубГАУ, 2019, 42с.- Режим доступа: [https://edu.kubsau.ru/file.php/124/UP-EHMP\\_r\\_i\\_poverka.pdf](https://edu.kubsau.ru/file.php/124/UP-EHMP_r_i_poverka.pdf) -Образовательный портал КубГАУ.

2. Электрические измерения: учебно-методическое пособие / О.В. Новокрещеннов – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 68 с.-Режим доступа:<https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHL.IZMER.LABY.pdf> -Образовательный портал КубГАУ.

3. Электрические измерения: учебно-методическое пособие / Б.К. Цыганков, О.В. Новокрещеннов, А.В.Квитко – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 60 с.- Режим доступа: <https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHL.IZMER.K.R.pdf> -Образовательный портал КубГАУ.

4. Метрология, стандартизация и сертификация: практикум / О. В. Новокрещеннов – Краснодар :КубГАУ, 2019, – 62 с. <https://edu.kubsau.ru/file.php/124/PRAKTIkum.pdf> -Образовательный портал КубГАУ.

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности.	



Номер семестра (этап формирования компетенции соответствует номеру семестра)	Этапы формирования и проверки уровня сформированности компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОПОП ВО
2	Производственная практика
4	Технологическая практика
5	<b>Метрология</b>
8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения ком- петенции	Уровень освоения				Оценоч- ное средство
	неудовлетво- рительно (минимальный)	удовлетво- рительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических ве- личин применительно к объектам профессиональной деятельности.					
Знать: средства измерения, про- водит измерения электрических и неэлектриче- ских величин, обрабатывает результаты из- мерений и оце- нивает их по- грешность	Фрагментар- ные пред- ставления о средствах из- мерения, про- водит измере- ния электриче- ских и неэлек- трических ве- личин, обраба- тывает резуль- таты измере- ний и оцени- вает их по- грешность	Неполные представле- ния о сред- ствах изме- рения, про- водит изме- рения элек- трических и неэлектриче- ских вели- чин, обраба- тывает резу- льтаты из- мерений и оценивает их погрешность	Сформиро- ванные пред- ставления о средствах из- мерения, про- водит измере- ния электриче- ских и неэлек- трических ве- личин, обраба- тывает резуль- таты измере- ний и оцени- вает их по- грешность	Сформиро- ванные и си- сте-матизи- рованные знания о средствах из- мерения, про- водит измере- ния электри- ческих и не- электриче- ских величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Задания для лабора- торной ра- боты. Тесты. Вопросы к экзамену.
Уметь: исполь- зовать средства измерения, про- водит измерения электрических и неэлектриче- ских величин, обрабатывает результаты из- мерений и оце- нивает их по- грешность	Отсутствие умения использовать средства изме- рения, прово- дит измерения электрических и неэлектриче- ских величин, обрабатывает результаты из- мерений и	Несистема- тизирован- ное умение использо- вать сред- ства изме- рения, прово- дит измере- ния электри- ческих и не- электриче- ских вели- чин,	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение ис- пользовать средства изме- рения, прово- дит измерения электрических и неэлектриче- ских величин,	Сформиро- ванное уме- ние использо- вать средства измерения, проводит из- мерения элек- трических и неэлектриче- ских величин, обрабатывает результаты	Задания для лабора- торной ра- боты. Тесты. Вопросы к экзамену.

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	неудовлетворительно (минимальный)	удовлетворительно (пороговый)	хорошо (средний)	отлично (высокий)	
	оценивает их погрешность	обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	измерений и оценивает их погрешность	
Владеть: средствами измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Отсутствие навыков владения средствами измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Фрагментарное владение средствами измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	В целом успешное, но несистематизированное владение средствами измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Успешное и систематизированное владение средствами измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	Задания для лабораторной работы. Тесты. Вопросы к экзамену.

### 7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП ВО

#### Лабораторные работы

Электрические измерения: учебно-методическое пособие / О.В. Новокрестьянов – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 68 с.-Режим доступа:<https://edu.kubsau.ru/file.php/124/EHL.IZMER.LABY.pdf>  
-Образовательный портал КубГАУ.

#### Тестовые задания (пример)

Нахождение значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения называется:

- юстировка
- моделирование
- градуировка

## **-измерение**

Для определения среднемодульного значения напряжения несинусоидальной формы можно использовать вольтметр:

- магнитоэлектрический.
- выпрямительный.**
- термоэлектрический.
- электродинамический.
- электростатический.

Для измерения постоянной составляющей напряжения несинусоидальной формы использовать прибор:

- электростатический.
- электродинамический.
- **магнитоэлектрический.**
- выпрямительный.

Астатическая конструкция прибора позволяет:

- использовать прибор на подвижных объектах.
- уменьшить влияние внешнего магнитного поля.**
- уменьшить влияние электростатического поля.
- уменьшить влияние температуры.

Прибор, какой системы нельзя использовать для прямого измерения тока.

- магнитоэлектрической.
- электромагнитной.
- электродинамической.
- ферродинамической.
- электростатической.**

Прибор, какой системы имеет наибольший частотный диапазон?

- магнитоэлектрической.
- электромагнитной.
- электродинамической.
- электростатической.**
- индукционной.

Вариометр-это:

- Прибор для измерения нестабильности напряжения источника пи-  
тания.
- прибор для измерения реактивной мощности.
- измерительный показатель во влагомерах.
- мера взаимной индукции.**

-прибор для измерения магнитной индукции.

Для расширения пределов измерения магнитоэлектрического вольтметра используют:

- измерительный трансформатор тока.
- шунт.
- добавочное сопротивление.**
- измерительный трансформатор напряжения

.

Для определения индуктивности катушки можно использовать:

- мост постоянного тока.
- мост переменного тока.**
- компенсатор постоянного тока.
- амперметр и вольтметр.

Какими приборами можно измерить ЭДС источника постоянного тока?

- вольтметром.
- ваттметром и амперметром.
- мостом постоянного тока.
- компенсатором постоянного тока.**
- вольтметром и амперметром.

Каким образом использую ваттметры для измерения реактивной мощности в трехфазных цепях?

- включая обмотку напряжения на “чужое напряжение”.**
- включая в цепь обмотки напряжения ваттметра фазосдвигающую (RL) цепочку.
- переключая нагрузку со звезды на треугольник.
- включая в цепь обмотки напряжения фазосдвигающую (RC) цепочку

.

При какой нагрузке можно использовать схему Арона включения ваттметров для измерения реактивной мощности:

- при симметричной.**
- при равномерной.
- при активной.
- при однородной.

Применение магнитоэлектрического логометра мегомметрах позволит уменьшить влияние:

- внешнего магнитного поля.
- вибрации при вращении ручки генератора.
- Нестабильности напряжения генератора.**

-Внешнего электростатического поля.

Укажите из перечисленных наиболее оптимальный комплект приборов для косвенного измерения коэффициента мощности трехфазной симметричной нагрузки:

- Вольтметр и ваттметр.
- Амперметр и варметр.
- Вольтметр, амперметр и ваттметр.**
- Вольтметр, амперметр и варметр.

Какой вольтметр рекомендуется использовать при измерении сопротивления заземляющего устройства по методу амперметра и вольтметра?

- с большим внутренним сопротивлением.**
- с малым внутренним сопротивлением.
- с внутренним сопротивлением равным измеряемому.
- с широким частотным диапазоном.
- магнитоэлектрической системы.

Укажите, какие величины можно рассчитать по показаниям двух ваттметров, включенных в трехфазную цепь при несимметричной нагрузке?

- активную и реактивную мощность потребителя.
- коэффициент мощности.
- активную мощность.**
- активную мощность и коэффициент мощности.

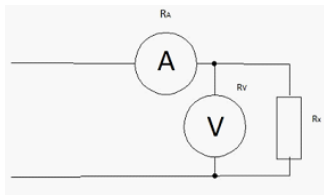
Вольтметры, каких систем необходимы для определения коэффициента формы напряжения несинусоидальной формы:

- электромагнитной и электродинамической.
- магнитоэлектрической и выпрямительной.
- выпрямительной и электромагнитной.**
- электродинамической и магнитоэлектрической.
- электростатической и электронной с амплитудным детектором.

Для измерения температуры при помощи неуравновешенного моста постоянного тока используется преобразователь:

- параметрический.**
- генераторный.
- астатический.
- диэлькометрический.

Действительное значение измеряемого сопротивления  $R_x$  равно:



а)  $R_x = \frac{U}{I}$  б)  $R_x = \frac{U}{I} - R_A$  в)  $R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}}$  г)  $R_x = \frac{U}{I} - R_v - R_A$

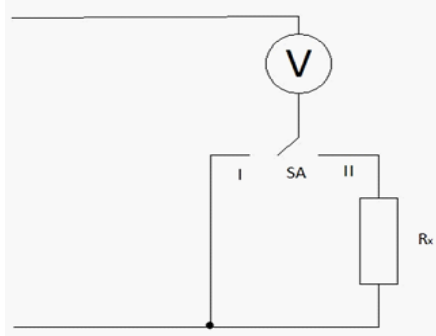
-а

-б

**-в**

-г

Измеряемое сопротивление равно:



а)  $R_x = \frac{U_1}{U_2} R_v$  б)  $R_x = \left( \frac{U_1 - U_2}{U_2} \right) R_v$  в)  $R_x = \left( \frac{U_1}{U_2} + 1 \right) R_v$  г)  $R_x = \left( \frac{U_2}{U_1} + 1 \right) R_v$

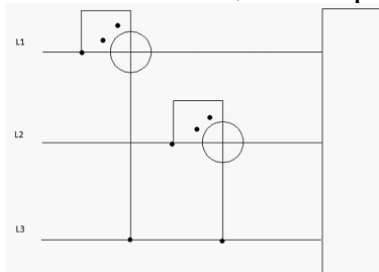
- а

**-б**

-в

-г

Активная мощность трехфазной несимметричной нагрузки равна:



а)  $P_{\Sigma} = \sqrt{3} * (P_{w1} + P_{w2})$  б)  $P_{\Sigma} = \sqrt{3} * (P_{w1} - P_{w2})$  в)  $P_{\Sigma} = P_{w1} + P_{w2}$  г)  $P_{\Sigma} = P_{w1} - P_{w2}$

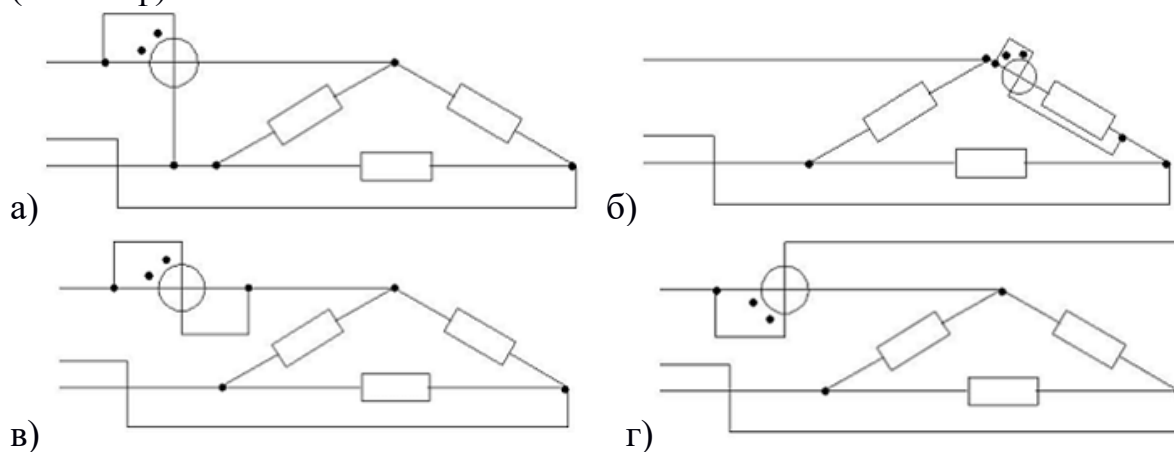
-а

-б

**-в**

-г

Схема включения ваттметра, позволяющая измерить активную мощность фазы ( $P_w = P_\phi$ )



-а

**-б**

-в

-г

Абсолютная погрешность определяется выражением:

a)  $\Delta = X \cdot X_d$     б)  $\Delta = \frac{X}{X_d}$     в)  $\Delta = \frac{X - X_d}{100}$     г)  $\Delta = X - X_d$

**-а**

**-б**

**-в**

**-г**

Приведенная погрешность определяется выражением:

a)  $\gamma = \frac{X - X_d}{X_d}$     б)  $\gamma = \frac{X_d}{X_d}$     в)  $\gamma = \frac{X - X_d}{X_d}$     г)  $\gamma = \frac{X_d}{X - X_d}$

-а

-б

**-в**

-г

Относительная погрешность определяется выражением:

a)  $\delta = \frac{X}{X_d}$     б)  $\delta = \frac{X_d}{X}$     в)  $\delta = \frac{X - X_d}{X_d}$     г)  $\delta = \frac{X_d}{X - X_d}$

-а

**-б**



-В

-Г

Грубой погрешностью называется...

- погрешность, вызванная несовершенством метода измерения
- погрешность вследствие использования прибора низкой точности
- погрешность, существенно превышающая ожидаемое значение**
- погрешность, обусловленная резким изменением измеряемой величины

При нормальном законе распределения....

- появления различных значений погрешности равновероятно
- плотность распределения вероятностей определяется в нормальных условиях
- большие погрешности появляются чаще, чем малые
- малые погрешности появляются чаще, чем большие**

Относительная погрешность характеризует:

- точность данного измерения**
- точность средства измерения
- точность оператора
- условия эксплуатации

Относительная погрешность выражается в:

- процентах**
- децибелах
- единицах измеряемой величины
- безразмерных единицах

Класс точности средства измерения определяет допустимое значение :

- абсолютной погрешности
- относительной погрешности
- приведенной погрешности**
- случайной погрешности

### **Вопросы к экзамену**

1. Погрешности технических средств измерений.
2. Класс точности средств измерений.

3. Меры ЭДС.
4. Меры активного сопротивления.
5. Меры индуктивности, взаимной индуктивности и емкости.
6. Аналоговые электромеханические приборы, их структурная схема и классификация.
7. Наносимые условные обозначения на шкалы приборов.
8. Общие узлы и детали электромеханических приборов.
9. Магнитоэлектрические механизмы и приборы.
10. Магнитоэлектрические логометры.
11. Выпрямительные приборы.
12. Термоэлектрические приборы.
13. Электронные аналоговые приборы. Структурные схемы электронных приборов.
14. Электронные вольтметры среднего действующего и максимального значений.
15. Электромагнитные механизмы и приборы.
16. Электромагнитные астатические приборы.
17. Электродинамические механизмы и приборы.
18. Электродинамические амперметры и вольтметры.
19. Электродинамические ваттметры.
20. Ферродинамические механизмы и приборы
21. Электростатические механизмы и приборы.
22. Индукционные механизмы и приборы.
23. Индукционные счетчики эл.энергии: устройство, принцип работы, вывод основного уравнения.
24. Индукционные счетчики эл.энергии: номинальная и действительная постоянные, погрешность, самоход, чувствительность, регулировки, схема включения.
25. Регистрирующие приборы. Электронные осциллографы.
26. Приборы сравнения. Метрологические характеристики.
27. Одинарный мост постоянного тока.
28. Неуравновешенные мосты постоянного тока и их практическое применение.
29. Мосты переменного тока.
30. Мосты переменного тока для измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь.
31. Компенсаторы постоянного тока.
32. Масштабные измерительные преобразователи. Шунты и добавочные сопротивления.
33. Измерительные трансформаторы тока.
34. Измерительные трансформаторы напряжения.
35. Обобщенная схема цифровых измерительных приборов
36. Преобразование непрерывной измеряемой величины в цифровой код.
37. Классификация цифровых измерительных приборов.
38. Цифровые измерительные приборы последовательного счета. Измеритель интервала времени.
39. Цифровые вольтметры постоянного тока с время- импульсным преобразованием.
40. Цифровые измерительные приборы последовательного приближения. Вольтметр постоянного тока с кодо- импульсным преобразованием.
41. Цифровые измерительные приборы считывания. Характеристики цифровых измерительных приборов.
42. История развития электроизмерительной техники. Значение метрологии, стандартизации и сертификации

43. Основные понятия и определения в области метрологии и электрических измерений.
44. Виды и методы измерений, их классификация.
45. Погрешности эл. измерений и их классификация.
46. Систематические погрешности и методы их исключения.
47. Случайные погрешности и их количественная оценка.
48. Оценка погрешности прямых измерений.
49. Оценка погрешности косвенных измерений.
50. Суммирование погрешностей.
51. Классификация средств измерений.
52. Характеристики средств измерений.
53. Измерение силы тока и напряжения в цепях постоянного тока.
54. Измерение силы тока и напряжения в цепях переменного тока.
55. Измерение активной мощности в цепях постоянного тока.
56. Измерение активной мощности в однофазных цепях переменного тока.
57. Методы измерения активной мощности в 3-х фазных цепях при симметричной нагрузке.
58. Методы измерения активной мощности в 3-х фазных цепях при несимметричной нагрузке.
59. Измерение реактивной мощности в однофазных цепях переменного тока.
60. Измерение реактивной мощности в 3-х фазных цепях.
61. Учет активной энергии в однофазных цепях.
62. Учет активной энергии в 3-х фазных цепях.
63. Учет реактивной энергии.
64. Измерение коэффициента мощности и разности фаз.
65. Косвенные методы измерения сопротивления на постоянном токе.
66. Прямые методы измерения сопротивления на постоянном токе. Омметры.
67. Измерение сопротивления изоляции мегомметрами.
68. Измерение сопротивления мостом постоянного тока.
69. Измерение сопротивления заземления.
70. Показатели и нормы качества электроэнергии. Термины и определения
71. Отклонения частоты.
72. Колебания напряжения и фликер.
73. Несимметрия напряжений в трехфазных системах.
74. Несинусоидальность напряжения.

### **Практические задания для экзамена**

1. Вольтметр с внутренним сопротивлением 12 кОм при подключении к зажимам цепи показал 150 В, а при подключении к той же цепи последовательно с резистором R показал 40 В. Каково сопротивление резистора R?
2. Диск счетчика делает 188 оборотов за 10 мин. Нагрузкой являются три параллельно включенные лампы равной мощности. Вычислить мощность каждой лампы, если согласно надписи на счетчике 2500 оборотов его диска соответствуют изменению его показаний на 1 кВт.ч.
3. При измерении мощности в цепи трехфазного тока с  $\cos \varphi = 0,9$  использованы измерительные трансформаторы, имеющие погрешности:  $\delta_{U1} = 0,15 \%$ ;  $\delta_{U2} = 0,3 \%$ ;  $\delta_{I1} = 0,1 \%$ ;  $\delta_{I2} = 0,2 \%$ ;  $\gamma_{U1} = \gamma_{U2} = -10$  мин;  $\gamma_{I1} = \gamma_{I2} = -5$  мин. Определить относительную погрешность измерения мощности, если относительная погрешность ваттметров 0,5 %. Составить схему включения приборов.

4. Вольтметр типа Э309 имеет верхний предел измерения 250 В. Определите, с каким сопротивлением нужно поставить добавочный резистор для расширения верхнего предела измерения до 600 В, если при постоянном напряжении  $U = 200$  В потребляемая им мощность равна 4 Вт.
5. Какое сопротивление должны иметь соединительные провода от миллиамперметра на 10 мА сопротивлением 0,7 Ом к шунту сопротивлением 0,0004 Ом, чтобы получить амперметр на номинальный ток 15 А.
6. Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с конечным значением шкалы  $I_n = 0,5$  мА для измерения тока  $I = 0,1 + 0,5$  мА так, чтобы относительная погрешность измерения тока не превышала 1%.
7. Определить, чему равна величина сопротивления, если при подключении вольтметра на  $U_n = 300$  В и  $I_n = 20$  мА последовательно с сопротивлением в сеть с напряжением  $U_c = 220$  В показания вольтметра были  $U = 200$  В. Дайте вывод требуемой формулы для решения задачи.
8. При измерении мощности трехфазной цепи применялись два ваттметра на 1 кВт и 1,5 кВт с номинальным напряжением соответственно 100 и 150 В. Расширить пределы измерения по напряжению до 250 В и затем определить активную мощность и коэффициент мощности, если нагрузка симметричная, а показания ваттметров 800 и 400 Вт. Привести схему включения измерительных приборов.
9. В однофазную цепь включены через трансформаторы напряжения 6000/100 и тока 100/5 приборы: амперметр  $I_n = 5$  А, вольтметр  $U_n = 110$  В, ваттметр на  $I_n = 5$  А и  $U_n = 120$  В со шкалой на 120 делений. Амперметр показал  $I = 4$  А, вольтметр  $U = 110$  В. Определить мощность цепи и показания ваттметра в делениях шкалы при различных значениях  $\cos\varphi$ : 1; 0,5; 0,3. Начертить схему включения приборов.
10. Необходимо измерить сопротивление 10 Ом с помощью вольтметра сопротивлением 6000 Ом и амперметра сопротивлением 0,5 Ом по схеме, когда вольтметр подключен параллельно только измеряемому сопротивлению. Изобразить схему и определить погрешность измерения
11. Какой из четырех амперметров обеспечит наименьшую возможную погрешность при измерении тока  $I = 1,5$  А: 1) класс 0,2 на  $I_n = 30$  А; 2) класс 0,2 на  $I_n = 15$  А; 3) класс 0,5 на  $I_n = 2,5$  А; 4) класс 1,5 на  $I_n = 1,5$  А.
12. Определить показание миллиамперметра с внутренним сопротивлением 500 Ом в цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора сопротивлением 17,5 кОм и конденсатора емкостью 0,5 мкФ, если цепь подключена к промышленной сети напряжением 220 В. Найти абсолютную и относительную погрешности измерения, вносимые внутренним сопротивлением прибора.
13. Вольтметр рассчитан для измерения напряжений до 15 В. Определить сопротивление добавочного резистора, который необходим для расширения предела измерения до 150 В, если внутреннее сопротивление вольтметра  $R_v = 50$  кОм. Каковы будут при этом потери мощности в обмотке вольтметра и в добавочном резисторе?
14. Для измерения тока в цепи использован амперметр со шкалой на 5 А, имеющий сопротивление 0,6 Ом. Определить ток, протекающий по цепи, если прибор включен с шунтом  $R_{ш} = 0,025$  Ом, а его стрелка остановилась на делении 3,6 А.

15. Для измерения активной мощности  $P = 8$  кВт трехфазной цепи при симметричной нагрузке с фазным напряжением 220 В и  $\cos \varphi = 0,8$  использованы два ваттметра. Составить схему измерения, определить показания каждого ваттметра
16. В симметричную сеть трехфазного тока по схеме «звезда» включены три одинаковых потребителя, у которых  $R = 30$  Ом,  $X_L = 40$  Ом. Напряжение питания  $U_A = 380$  В. Изобразить схему включения двух ваттметров для измерения активной мощности и определить показания ваттметров
17. Из вольтметра на 1,5 В со встроенным добавочным сопротивлением 145 Ом и сопротивлением рамки 5 Ом необходимо сделать амперметр на 1 А. Вычислить сопротивление шунта.
18. В трехфазную цепь с симметричной нагрузкой фаз включены два ваттметра, показания которых 95 Вт и 385 Вт. Определить коэффициент мощности. Начертить схему включения приборов.
19. Ваттметр на  $P_n = 2000$  кВт, согласно указанию на шкале должен подключаться через трансформатор тока 3000/5. Однако он был включен через трансформатор тока 30/5 и его стрелка показала 400 кВт. Определить мощность в цепи. Изобразить схему включения измерительных приборов.
20. При измерении мощности в однофазной цепи переменного тока с  $\cos \varphi = 1$  были использованы измерительные трансформаторы, имеющие погрешности:  $\delta U = 0,1$  %;  $\delta I = 0,2$  %;  $\gamma U = -15$  мин.;  $\gamma I = -20$  мин. Определить относительную погрешность измерения мощности, если относительная погрешность ваттметра 0,3 %. Составить схему включения приборов.
21. На щитке счетчика написано «1 кВт.ч = 400 оборотов диска». Определить расход энергии, если диск счетчика сделал за 30 секунд 10 оборотов, и мощность нагрузки.
22. Счетчик активной энергии в начале месяца показал 7561,3 кВт.ч, в конце 9832,5 кВт.ч; счетчик реактивной энергии соответственно 1213,5 квар.ч и 1610,0 квар.ч. Определить среднемесячный коэффициент мощности.
23. На электростанции установлены счетчики активной и реактивной энергии. За год работы показания счетчиков увеличились соответственно на 150000 кВт.ч и 65500 квар.ч. Определить среднегодовой коэффициент мощности.
24. Определить чему равно сопротивление  $R_1$  одинарного моста, если при его равновесии сопротивления были:  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 100$  Ом,  $R_4 = 20$  Ом? Изобразить схему моста.
25. Для измерения сопротивления резистора используются амперметр и вольтметр. Определить сопротивление резистора, если вольтметр (класса точности 0,5 со шкалой 50 В) показывал 40 В, амперметр (класса точности 0,5 со шкалой 5 А) показывал 4 А?
26. Определить, чему равно сопротивление  $R_1$  одинарного моста, если при его равновесии  $R_2 = 70$  Ом,  $R_3/R_4 = 3$ .
27. При измерении мощности при помощи одинарного моста используются переменные резисторы сопротивлением 0,2...2 кОм и образцовый конденсатор емкостью 1 мкФ. Какие емкости можно измерять в этом случае? Изобразите схему.
28. При измерении параметров катушки индуктивности по методу амперметра-вольтметра-ваттметра приборы показали:  $I = 4$  А,  $U = 40$  В и  $P = 96$  Вт. Рассчитать полное сопротивление  $Z_X$ , параметры  $L_X$  и  $R_X$  катушки и коэффициент мощности катушки  $\cos \varphi$ , без учета влияния сопротивления приборов. Привести схему включения приборов.

#### **7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций**

Контроль освоения дисциплины Б1.О.19 «Метрология» проводится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 «Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация студентов». Текущий контроль по дисциплине позволяет оценить степень восприятия учебного материала и проводится для оценки результатов изучения разделов/тем дисциплины. Текущий контроль проводится как контроль тематический (по итогам изучения определенных тем дисциплины) и рубежный (контроль определенного раздела или нескольких разделов, перед тем, как приступить к изучению очередной части учебного материала).

#### **Тестовые задания**

Оценка «**отлично**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 85 % тестовых заданий.

Оценка «**хорошо**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 70 % тестовых заданий.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем на 51 %.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

#### **Критерии оценки знаний студентов при проведении контрольной работы**

Оценка «**отлично**» выставляется при условии правильного решения студентом 3-х задач;

Оценка «**хорошо**» выставляется при условии правильного решения студентом 2-х задач;

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при условии правильного решения студентом одной задачи;

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется при условии неправильного решения всех задач.

#### **Критерии оценки на экзамене**

**Оценка «отлично»** выставляется обучающемуся, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающемуся усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

**Оценка «хорошо»** выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в



изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная учебная литература**

1. Метрология : учебник / О.Б. Бавыкин, О.Ф. Вячеславова, Д.Д. Грибанов [и др.] ; под общ.ред. С.А. Зайцева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 522 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/917758>
2. Вострокнутов, Н. Н. Электрические измерения : учебное пособие / Н. Н. Вострокнутов. — М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. — 321 с. -Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78189.html>
3. Электрические измерения : учеб. пособие / А.В. Кравцов, А.В. Пузарин. - М.: РИОР :ИНФРА-М, 2018. - 148 с. - (Высшее образование: Бакалавриат ). — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/939363>

### **Дополнительная учебная литература**

1. Эрастов, В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. пособие / В.Е. Эрастов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 196 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/636240>
2. Угольников, А. В. Метрология. Электрические измерения : практикум / А. В. Угольников. — Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. — 140 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82232.htm>

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

### **Электронно-библиотечные системы библиотеки, используемые в Кубанском ГАУ им. И.Т. ТРУБИЛИНА**

№	Наименование ресурса	Уровень доступа
Электронно-библиотечные системы		
1.	Издательство «Лань»	Интернет доступ
2.	IPRbook	Интернет доступ
3.	Znanium.com	Интернет доступ
4.	Образовательный портал КубГАУ	Интернет доступ
Профессиональные базы данных и информационные справочные системы		



5.	Консультант Плюс	Интернет доступ
6.	Гарант	Интернет доступ
7.	Научная электронная библиотека eLibrary	Интернет доступ, ссылка

Перечень Интернет сайтов:

1. <https://kiptorg.ru/kontakty>
2. <https://owen.ru/>
3. <https://insat.ru/products/?category=9>
4. <https://mppnik.ru/publ/472-tehnologiya-proizvodstva-kombikormov.html>
5. <https://ru.wikipedia.org>

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Цыганков Б.К., Новокрещенов О.В, Хамула А.А. Индивидуальные задания для самостоятельной аудиторной работы студентов по метрологии и электрическим измерениям. Краснодар. КГАУ, 2005.

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют: обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети "Интернет"; фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы; организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентационных технологий; контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

MS OfficeStandart 2010	Корпоративный ключ	5/2012 от 12.03.2012
MS OfficeStandart 2013	Корпоративный ключ	17к-201403 от 25 марта 2014г.
MS Windows XP, 7 pro	Корпоративный ключ	№187 от 24.08.2011
Dr. Web	Серийный номер	б/н от 28.06.17
13к-201711 от 18.12.2017 (Предоставление безлимитного доступа в интернет, 250 Мбит/с, ПАО «Ростелеком»)		
Система тестирования ИНДИГО		
Авторские программные продукты, базы данных.		

## 12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

Планируемые помещения для проведения всех видов учебной деятельности

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе, помещений для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом ( в случае реализации образовательных программ в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	<p>"Помещение №3 ЭЛ, посадочных мест — 100; площадь — 129,5 кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office."</p> <p>Помещение №320 ЭЛ, посадочных мест — 20; площадь — 55 кв.м; учебная аудитория для проведения учебных занятий. специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель).</p> <p>Помещение №105 ЭЛ, площадь — 17,9; помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.</p> <p>Помещение №205 ЭЛ, посадочных мест — 28; площадь — 87,3 кв.м; помещение для самостоятельной работы обучающихся. технические средства обучения (принтер — 1 шт.; экран — 1 шт.; сетевое оборудование — 1 шт.; компьютер персональный — 14 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; специализированная мебель(учебная мебель).</p> <p>Программное обеспечение: Windows, Office, специализированное лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, предусмотренное в рабочей программе</p>	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13