

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети**

**Уровень образования: магистратура**

**Форма обучения: заочная**

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**  
**ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1.Дисциплины (модули)</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.В.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 курс - 3</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 курс – 4 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 курс – 4 часа</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>Учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Аудиторные консультации по курсовым проектам (работам)</b>	<b>Учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 курс - 96 часов</b>
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>учебным планом не предусмотрена</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>учебным планом не предусмотрена</b>
<b>курсовые проекты (работы)</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>зачет с оценкой</b>	<b>2 курс – 0,3 часа</b>
<b>Контроль:</b> <b>зачет с оценкой</b>	<b>2 курс – 3,7 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики,  
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой  
Энергетики, д.т.н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети

Доцент кафедры Энергетики,  
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)


Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой  
Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** -изучение основ измерения параметров электроэнергии и причин искажения качества электроэнергии.

**Задачами дисциплины являются:**

- приобретение навыков выбора средств измерений приобретение навыков расчета погрешностей измерений приобретение навыков определения значений показателей качества электроэнергии;

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 – Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1 Осуществляет сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования энергообъектов	<b>знать:</b> – причины искажения качества электроэнергии в ЭЭС <b>уметь:</b> – изображать элементы систем электроснабжения в виде схем замещения для определения высших гармонических составляющих напряжения
	ПК-1.2 Проводит расчеты и эксперименты в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации и обрабатывает полученные результаты	<b>знать:</b> – методы и средства обеспечения качества электроэнергии <b>уметь:</b> – производить выбор технических средств для повышения качества электроэнергии

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Магистр 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль: Электроэнергетические системы и сети).

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах бакалавриата: «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Переходные процессы», «Режимы работы и эксплуатация электрических систем».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

**знать:**

- основы электротехники;

**уметь:**

- анализировать режимы электроэнергетических систем;

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ч.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Курс	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы
				Контактная						СР	Конт- роль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Измерение параметров электроэнергии	52	2	2	2	-	-	-	-	48	-	[1], с 30-66 [2], с 10-30
2	Управление качеством электроэнергии	52	2	2	2	-	-	-	-	48	-	[1], с 67-95 [2], с 32-46
	Зачет с оценкой	4	2	-	-	-	-	-	0,3	-	3,7	Оценка по зачету формируется на основании учебного рейтинга студента по модулю
	Итого:	108		4	4	-	-	-	0,3	96	3,7	

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### *1. Измерение параметров электроэнергии*

Основы учета электроэнергии. Погрешность измерительного комплекса системы учета электроэнергии. Погрешности трансформаторов тока. Погрешности трансформаторов напряжения. Погрешности счетчиков. Допустимые небалансы электроэнергии.

#### *2. Управление качеством электроэнергии*

Качество электроэнергии. Взаимосвязь качества электроэнергии и надёжности электроснабжения. Показатели качества электроэнергии и их характеристики. Влияние схемы сети на распространение кондуктивных помех. Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников. Средства измерений показателей качества электроэнергии. Контроль качества электроэнергии и его задачи. Анализ системы электроснабжения по качеству электроэнергии. Мероприятия по обеспечению качества электроэнергии. Технические средства обеспечения качества электроэнергии. Основные принципы построения систем контроля, анализа и управления качеством электроэнергии.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет погрешностей измерительных трансформаторов тока и напряжения.
2. Расчет погрешностей учета.
3. Определение значений показателей качества электроэнергии в сети 0,38 кВ.
4. Определение коэффициентов несинусоидальности для электроприемников с нелинейной вольт-амперной характеристикой.
5. Определение коэффициентов несимметрии в трехфазной системе.
6. Оценка влияния показателей качества электроэнергии на потери в сетях и оборудовании.
7. Оценка влияния параметров электроэнергии на сроки службы оборудования.
8. Расчет параметров допустимого влияния потребителя на качество электроэнергии в точке его присоединения к сети общего назначения.
9. Выбор технических средств повышения качества электроэнергии.

### **3.5. Рефераты учебным планом не предусмотрены**

### **3.6. Темы расчетных заданий учебным планом не предусмотрены**

### **3.7. Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен**

### 3.8. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды компетенции и индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Формы контроля
		1	2	
<b>Знать:</b>				
– причины искажения качества электроэнергии в ЭЭС	ПК-1.1		X	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 1
– методы и средства обеспечения качества электроэнергии	ПК-1.2		X	Тест №1, 2 Контрольная работа № 1
<b>Уметь:</b>				
– изображать элементы систем электроснабжения в виде схем замещения для определения высших гармонических составляющих напряжения	ПК-1.1	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2
– производить выбор технических средств для повышения качества электроэнергии	ПК-1.2	X	X	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		52	52	

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

Для контроля результатов образования проводятся:

– тесты:

1. Классификация, методические основы и особенности метрологического обеспечения измерений электрической энергии
2. Технические средства измерений электрической энергии
3. Качество электроэнергии. Показатели качества электроэнергии
4. Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников

– контрольные работы:

1. Расчёт погрешностей определения учётных показателей
2. Дополнительные потери мощности в электрических машинах из-за несимметрии и несинусоидальности напряжений

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине:**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (модуля) – зачет с оценкой.

В приложение к диплому выносится оценка за освоение дисциплины.

Оценка за освоение дисциплины, определяется на основании учебного рейтинга студента по модулю:

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе обучения студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды предусмотренного программой контроля, безупречно ответил не только на все тесты, но и выполнил контрольные работы в рамках основной программы модуля, правильно выполнил расчетное задание.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, предусмотренную программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил более половины видов предусмотренного программой контроля, ответил на все тесты, правильно выполнил контрольные работы, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Студент выполнил не менее половины видов предусмотренного программой контроля, допустил погрешность в ответе на теоретические тесты, контрольные работы, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.



Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.

Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Студент выполнил менее половины видов предусмотренного программой контроля, не ответил на все тесты, и неправильно выполнил контрольные работы.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. Бурман, А. П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб.пособие / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. – Электрон.текстов. дан. – М. :Издат. дом МЭИ, 2012.

2. Электротехника и электроника. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники : учебник для вузов / под ред. В. Г. Герасимова. - М. :Энергоатомиздат, 1998. - 432 с.

3. Клаассен, К. Основы измерений. Датчики и электронные приборы :учеб.пособие / К. Клаассен. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 352 с.

4. Немцов, М. В. Электротехника и электроника : учебник для вузов / М. В. Немцов. - М. : Изд-во МЭИ, 2003. - 616 с.

5. Шведов, Г. В. Потери электроэнергии при её транспорте по электрическим сетям: расчет, анализ, нормирование и снижение : учебное пособие для вузов / Г. В. Шведов, О. В. Сипачева, О. В. Савченко ; ред. Ю. С. Железко . – М. : Издательский дом МЭИ, 2013 . – 424 с., ил.

6. Управление качеством электроэнергии : учеб.пособие / И. И. Карташев [и др.] ; под ред. Ю. В. Шарова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Издат. дом МЭИ, 2017. - 347 с.

7. Стрижиченко, А. В. Качество электрической энергии и технические средства его обеспечения : учеб.пособие / А. В. Стрижиченко, Е. Г. Зенина. - Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2017. – 80 с.

8. Управление качеством электроэнергии / под ред. Ю. В. Шарова. - М. : ИД МЭИ, 2006. - 320 с.

9. Кудрин, Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, Ю. В. Матюнина. – Электрон.текстов. дан. - М. :Издат. дом МЭИ, 2013. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/default.asp?book=196>

10. Основы современной энергетики. Т. 2. Современная электроэнергетика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / И. М. Бортник [и др.] ; под ред А. П. Бурмана, В. А. Строева. – Электрон.текстов. дан. – М. :Издат. дом МЭИ, 2010.

12. Осика, Л. К. Расчетные методы интеллектуальных измерений (SmartMetering) в задачах учета и сбережения электроэнергии [Электронный ресурс] : практическое пособие / Л. К. Осика. - Электрон.текстовые дан. - М. :Издат. дом МЭИ, 2013.

### **5.2.Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

MicrosoftOfficeWord, ExcelиPowerPoint.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. Полнотекстовые внутривузовские издания НТБ МЭИ: <http://opac.mpei.ru/>
2. ЭБС Издательства "Лань": <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru>
4. Информационно-справочная система ГАРАНТ

### **5.4 Лицензионное программное обеспечение:**

1. Mathcad 15
2. RastrWin 3
3. Пакет Microsoft Office

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения освоения дисциплины используются мультимедийные средства и компьютерный класс кафедры.

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Измерение параметров и управление качеством электроэнергии

(название дисциплины)

**2 курс****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест 1» Классификация, методические основы и особенности метрологического обеспечения измерений электрической энергии»
- КМ-2 Тест 2 «Технические средства измерений электрической энергии»
- КМ-3 Тест 3 «Качество Электроэнергии. Показатели качества электроэнергии»
- КМ-4 Тест 4 «Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников»
- КМ-5 Контрольная работа 1 «Расчёт погрешностей определения учётных показателей»
- КМ-6 Контрольная работа 2 «Дополнительные потери мощности в электрических машинах из-за несимметрии и несинусоидальности напряжений»

**Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
1	Измерение параметров электроэнергии		+	+	+	+	+	
2	Управление качеством электроэнергии		+	+	+	+		+
	Минимальный балл за КМ		10	10	10	10	10	10
	Максимальный балл за КМ		15	15	15	15	20	20

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Магистерская программа: Электроэнергетические системы и сети**

**Квалификация (степень) выпускника: магистр**

**Форма обучения: заочная**

**Оценочные средства контроля усвоения знаний, умений и  
владения (опытом, навыком) по дисциплине**

**Б1.В.07 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
– причины искажения качества электроэнергии в ЭЭС	ПК-1.1	Тест №1, 2, 3, 4 Контрольная работа № 1
– методы и средства обеспечения качества электроэнергии	ПК-1.2	Тест №1, 2 Контрольная работа № 1
<b>Уметь:</b>		
– изображать элементы систем электроснабжения в виде схем замещения для определения высших гармонических составляющих напряжения	ПК-1.1	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2
– производить выбор технических средств для повышения качества электроэнергии	ПК-1.2	Тест №1, 2, 3 Контрольная работа № 1,2

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### А) Для текущего контроля успеваемости:

- Тест №1. Тема – Классификация, методические основы и особенности метрологического обеспечения измерений электрической энергии
- Тест №2. Тема – Технические средства измерений электрической энергии
- Тест №3. Тема – Качество электроэнергии. Показатели качества электроэнергии
- Тест №4. Тема – Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников

#### Содержание оценочных средств:

##### 1. Тест №1.

Тема: Классификация, методические основы и особенности метрологического обеспечения измерений электрической энергии

1. Простейшими измерительными преобразователями тока и напряжения являются:

- 1) промежуточный преобразователь;
- 2) шунты и добавочные сопротивления;
- 3) выходной преобразователь;
- 4) правильного ответа нет.

2. К какому виду погрешностей относится величина, равная разности между измеренным  $x$  и истинным  $x_{\text{ист}}$  значениями измеряемой величины?

- 1) относительная погрешность;
- 2) погрешность отсчитывания;

- 3) методическая погрешность;
- 4) абсолютная погрешность.

3. Принцип действия каких приборов основан на взаимодействии магнитных потоков, создаваемых электромагнитами и вихревыми токами, индуцируемыми в подвижном алюминиевом диске.

- 1) электромагнитной системы;
- 2) магнитоэлектрической системы;
- 3) индукционной системы;
- 4) электродинамической системы.

4. Какие средства измерений относятся к устройствам для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем?

- 1) информационные измерительные системы;
- 2) измерительные приборы;
- 3) измерительные преобразователи;
- 4) измерительные установки.

5. Работа каких измерительных приборов основана на принципе взаимодействия катушки с током и магнитного потока постоянного магнита?

- 1) электромагнитной системы;
- 2) электростатической системы;
- 3) магнитоэлектрической системы;
- 4) термоэлектронной системы.

6. Какой измерительный прибор представляет собой сочетание измерительного преобразователя на микросхемах и магнитоэлектрического измерителя?

- 1) аналоговый электронный вольтметр;
- 2) характериограф;
- 3) аналоговый электронный ваттметр;
- 4) частотомер.

7. Приведённая погрешность амперметра равна 0,1%. Номинальный ток 100 мА. Сколько делений должна иметь вся шкала прибора?

- 1) 2000;
- 2) 200;
- 3) 100;
- 4) 1000.

8. Мощность определяется косвенным методом через прямые измерения напряжения и сопротивления. При этом погрешность вольтметра составляет 2%, а погрешность омметра 3%. Какова будет максимальная погрешность измерения мощности (результат округлить до целого числа)?

- 1) 1%;
- 2) 7%;
- 3) 3%;
- 4) 5%.

9. Ставится задача измерить напряжение с наибольшей точностью. Каким методом можно воспользоваться?

- 1) косвенным;

- 2) прямым;
- 3) замещения;
- 4) нулевым.

10. По какой формуле определяется приведённая погрешность измерения?

$x$  – текущее значение измеряемой величины;  $x_H$  – номинальное значение;

$A$  – абсолютная погрешность.

- 1.  $A/x_H$ ;
- 2.  $A/x$ ;
- 3.  $x/A$ ;
- 4.  $1/A$ .

**По результатам СРС выставляется:**

- 15 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 12-14 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-11 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

## **2. Тест №2.**

**Тема: Технические средства измерений электрической энергии**

1. Что подразумевалось под названием «очевидные» устройства?
  - А) контроллеры;
  - Б) счетчики;
  - В) интеллект системы.
2. На какие группы делятся счетчики в настоящее время на рынке электроэнергии?
  - А) интеллектуальные, микропроцессорные, долговечные;
  - Б) электронные, статически аналоговые, бытовые;
  - В) микропроцессорные, индукционные, статически аналоговые.
3. Назовите недостатки встроенных трансформатора тока
  - А) малая вторичная мощность;
  - Б) большие значения вторичных токов;
  - В) невозможность применения фарфоровой изоляции.
4. В каком году начат серийный выпуск отечественный систем типа ИИСЭ-1-48?
  - А) 1975 г.;
  - Б) 1976 г.;
  - В) 1980 г.
5. Когда был создан первый стандарт измерения МЭК?
  - А) 1931 г.;
  - Б) 1947 г.;
  - В) 1978 г.
6. По какому ГОСТу счетчик ЭЭ измеряет активную мощность?
  - А) ГОСТ Р 52323-2005;
  - Б) ГОСТ Р 52425-2005;
  - В) ГОСТ 1983-2001.
7. Какой класс точности должен быть у трансформатора тока при модернизации?
  - А) не хуже 0.9;
  - Б) не хуже 1.0;
  - В) не хуже 0.5
8. Какой класс точности должен быть у трансформатора напряжения при напряжении линии 220 кВ и мощностью 100 МВт и более?
  - А) 0.5;
  - Б) 0.2;
  - В) 0.2S.

9. Каков одноставочный тариф на электроэнергию в Волгоградской области?

- А) 5.22 кВт\*ч;
- Б) 3.21 кВт\*ч;
- В) 4.02 кВт\*ч.

10. Какой класс точности для приборов измерения ЭЭ если точки присоединения сетей напряжения от 6 до 35 кВ.?

- А) 1.0S;
- Б) 0.5;
- В) 1.0.

**По результатам СРС выставляется:**

- 15 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 12-14 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-11 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

### **3. Тест №3.**

Тема: Качество электроэнергии. Показатели качества электроэнергии

1. Какой из нижеперечисленных ГОСТов устанавливает нормы ПКЭ?
  - а) ГОСТ Р 53905-2010
  - б) ГОСТ 13109-97
  - в) ГОСТ Р 51749-2001
  - г) ГОСТ 32144-2013
2. Медленные изменения напряжения электропитания не должны превышать
  - а) 5% в течении 95% времени интервала в одну неделю
  - б) 10% в течении 100% времени интервала в одну неделю
  - в) 5% в течении 100% времени интервала в одну неделю
  - г) 10% в течении 95% времени интервала в одну неделю
3. Фликер – это ...
  - а) ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное световым источником, яркость или спектральный состав которого изменяются во времени
  - б) нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения
  - в) резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня
  - г) временное возрастание напряжения в конкретной точке электрической системы выше установленного порогового значения
4. Кто является виновником отклонения напряжения?
  - а) потребитель
  - б) энергоснабжающая организация
  - в) природные катаклизмы
  - г) все верны
5. Что является основным показателем в провале напряжения?
  - а) величина провала напряжения
  - б) длительность провала напряжения
  - в) частота провала напряжения
  - г) коэффициент несимметрии
6. На какой ПКЭ влияет удар молнии по ЛЭП?
  - а) колебания напряжения и фликер
  - б) несимметрия напряжений в трехфазных системах
  - в) импульсные напряжения
  - г) провалы напряжения и перенапряжения
7. Отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать



- а)  $\pm 0,2$  Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и  $\pm 0,4$  Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю  
 б)  $\pm 0,1$  Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и  $\pm 0,2$  Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю  
 в)  $\pm 0,3$  Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и  $\pm 0,5$  Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю  
 г)  $\pm 0,2$  Гц в течение 95% времени интервала в одну неделю и  $\pm 0,5$  Гц в течение 100% времени интервала в одну неделю
8. Какой ПКЭ обозначается  $P_{st}$  и  $P_{it}$ ?  
 а) активная и реактивная мощность  
 б) доза фликера  
 в) коэффициент несимметрии напряжения  
 г) коэффициент мощности по обратной и нулевой последовательности
9. Что из нижеперечисленного не является основным ПКЭ?  
 а) глубина провала напряжения  
 б) отклонение частоты  
 в) доза фликера  
 г) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения
10. Какие параметры не учитываются при анализе качества электроэнергии?  
 а) коэффициент искажения синусоидальности кривой тока  
 б) коэффициент n-ой гармонической составляющей тока для n от 2 до 40  
 в) интервал между изменениями напряжения  
 г) полная, активная и реактивная мощность искажений

**По результатам СРС выставляется:**

- 15 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 12-14 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-11 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**4. Тест №4.**

Тема: Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников

1. Как влияют параметры электроэнергии на приборы учёта электроэнергии?  
 а) уменьшается срок службы приборов  
 б) увеличивается погрешность приборов  
 в) выход из строя приборов  
 г) возникают дополнительные потери мощности в приборах
2. По какой формуле можно определить дополнительные потери мощности в линии электропередачи?  
 а)  $\delta P = (3I_1^2 + 3I_2^2 + 1,14 \sum_{v=2}^{\infty} I_v^2 \sqrt{v})R - \Delta P_c$   
 б)  $\delta P = (k_2 U_2 + k_z \sum_{v=2}^{\infty} I_v^2 \frac{U_v^2}{v\sqrt{v}}) \frac{P_{ном}}{10^{-4}}$   
 в)  $\delta P = (3I_1^2 + 3I_2^2 + 1,14 \sum_{v=2}^{\infty} I_v^2 \sqrt{v})R + \Delta P_c$   
 г)  $\delta P = (k_2 U_2 - k_z \sum_{v=2}^{\infty} I_v^2 \frac{U_v^2}{v\sqrt{v}}) \frac{P_{ном}}{10^{-4}}$
3. Какие последствия технологического характера возникают при снижении качества электроэнергии?  
 а) увеличение потерь активной и реактивной мощности  
 б) сокращение срока службы электрооборудования  
 в) увеличение капитальных вложений в СЭС  
 г) нарушение условий нормального функционирования электроприёмников и потребителей в целом  
 д) нанесение вреда окружающей среде и здоровью человека

4. Что указывается в заключение протокола испытаний качества электрической энергии?
  - а) предлагаемые способы устранения замечаний
  - б) сроки устранения замечаний
  - в) «соответствует» или «не соответствует» установленным требованиям
  - г) пункты и выписки из ГОСТ, по которым замечены отклонения
5. Какие мероприятия направленные на обеспечение КЭ в системах электроснабжения в пределах установленных норм и правил не относятся к методическим?
  - а) управление нормальными, аварийными и послеаварийными режимами путем регулирования частоты и напряжения
  - б) контроль и анализ КЭ
  - в) автоматизированное измерение показателей КЭ и вспомогательных параметров электрической энергии
  - г) систематический контроль КЭ
6. Какими качествами должны обладать средства измерения параметров качества электроэнергии?
  - а) высокая точность
  - б) сохранение данных в оперативную память
  - в) наличие преобразователей электроэнергии
  - г) устойчивость к критическим климатическим условиям
7. Технологический контроль – это ...
  - а) контроль КЭ с длительностью и (или) погрешностью измерений, которые могут быть снижены по сравнению с требованиями ГОСТ 32144-2013.
  - б) анализ причин ухудшения КЭ, определение виновника снижения КЭ, при проверке выполнения технических условий на присоединение потребителя к электрической сети и договорных условий на электроснабжение.
  - в) проверка СИ параметров КЭ, а так же их настройка в соответствии ГОСТ 32144-2013
  - г) проведение измерений, испытаний и проверки оборудования, определения их соответствия установленным нормам, указанных производителем
8. Что возможно определить с помощью напряжения прямой и обратной последовательности?
  - а) величину колебания напряжения
  - б) коэффициент несимметрии напряжения
  - в) значение импульсного напряжения
  - г) длительная доза фликера
9. Что из перечисленного НЕ является основным средством измерения электрической энергии?
  - а) анализатор электроэнергии Энергомонитор 3.3-Т1
  - б) счётчик электроэнергии ЦЭ6803ВМ
  - в) ваттметр Ц301
  - г) трансформатор тока ТПЛ 10
10. В каких случаях для измерений параметров электроэнергии используются ТТ и ТН одновременно?
  - а) напряжение выше 0,4кВ
  - б) напряжение ниже 0,4кВ
  - в) напряжение выше 1кВ
  - г) всегда

**По результатам СРС выставляется:**

- 15 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 12-14 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-11 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**Б) Для промежуточного контроля:**

- контрольная работа №1. Тема – Расчёт погрешностей определения учётных показателей

- контрольная работа №2. Тема – Дополнительные потери мощности в электрических машинах из-за несимметрии и несинусоидальности напряжений.

### Содержание оценочных средств:

#### 1. Контрольная работа №1.

Тема: Измерение параметров электроэнергии

Погрешности инструментального определения значения учетного показателя по результатам измерения приращений электроэнергии (мощности) с двух сторон сетевого элемента.

Длины отрезков линий от точек 1 и 2 до точки поставки равны соответственно 4 и 6 км.

$$K_1 = \frac{6}{6+4} = 0,6; K_2 = \frac{4}{6+4} = 0,4;$$

$$d_1 = \frac{1}{K_1 + \alpha_{12} \cdot K_2} = \frac{1}{0,6 + 0,95 \cdot 0,4} = 1,02;$$

$$d_2 = \frac{\alpha_{12}}{K_1 + \alpha_{12} \cdot K_2} = \frac{0,95}{0,6 + 0,95 \cdot 0,4} = 0,97.$$

Будем считать, что погрешности результатов измерений между собой не коррелированы и применим метод линеаризации и статистического суммирования. Тогда

$$\theta_p = \pm 1,1 \sqrt{K_1^2 d_1^2 \theta_{p1}^2 + K_2^2 d_2^2 \theta_{p2}^2} = \pm 1,1 \sqrt{0,6^2 \cdot 1,02^2 \cdot 1^2 + 0,4^2 \cdot 0,97^2 \cdot 1^2} = \pm 0,797\%$$

Если же считать, что эти погрешности полностью коррелированы и применить метод линеаризации и граничных оценок, то

$$\theta_p = \frac{K_1 \theta_{p1} + K_2 \theta_{p2} \alpha_{12}}{K_1 + K_2 \alpha_{12}} = \frac{0,6 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 \cdot 0,95}{0,6 + 0,4 \cdot 0,95} = 1\%$$

Таким образом, относительная погрешность совокупного измерения учетного показателя в методе линеаризации и статистического суммирования невысока.

**По результатам СРС выставляется:**

- 20 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 15-19 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-14 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

#### 2. Контрольная работа №2.

Тема: Дополнительные потери мощности в электрических машинах из-за несимметрии и несинусоидальности напряжений

Рассчитать снижение потерь мощности в трансформаторах 6-10 кВ, асинхронных и синхронных двигателях (без демпферной обмотки) и батареях конденсаторов, происходящее при проведении мероприятий, в результате которых коэффициент обратной последовательности напряжения снижается с  $U_{2н}$  до  $U_{2к}$  (по вариантам), напряжение пятой гармоники с  $U_{вн5}$  до  $U_{вк5}$ , седьмой с  $U_{вн7}$  до  $U_{вк7}$ . Суммарная мощность каждого вида оборудования равна  $S_{ном}$  кВ·А (кВт, квар). Средняя мощность асинхронных двигателей составляет  $P_{д,ном}$  кВт. Сделать выводы по результатам решения.

Таблица 1

Вид оборудования	$k_2$	$k_3$
Турбогенераторы	1,86	1,77
Гидрогенераторы и синхронные двигатели с демпферной обмоткой	0,68	1,12
То же, без демпферной обмотки	0,27	0,40

Синхронные компенсаторы	1,31	1,95
Трансформаторы 35-220 кВ	0,5	0,3
То же, 6-10 кВ	2,67	1,62
Батареи конденсаторов	0,003	0,003

Таблица 2

Номер гармоники	$\alpha_v$	$b_v$		
		Трансформаторы	Вращающиеся машины	Батареи конденсаторов
2	2	0,44	0,350	2
4	2,8	0,23	0,125	4
5	3,2	0,19	0,089	5
7	3,7	0,19	0,054	7
11	4,7	0,19	0,027	11

Пример решения.

Для асинхронных двигателей определяем  $k_2$  и  $k_z$  по формулам  
 $k_2 = 2,41k_\delta$ ,  $k_z = 2k_\delta$

где  $k_\delta$  – коэффициент, зависящий от мощности двигателя  
при  $P_{\delta,ном} < 5$  кВт,  $k_\delta = 3 + 0,3(5 - P_{\delta,ном})$   
при  $5 < P_{\delta,ном} < 100$  кВт,  $k_\delta = 1 + 0,02(100 - P_{\delta,ном})$   
при  $100 < P_{\delta,ном} < 1000$  кВт,  $k_\delta = 0,4 + 0,0007(1000 - P_{\delta,ном})$   
при  $P_{\delta,ном} > 1000$  кВт,  $k_\delta = 0,4$

$$k_\delta = 1 + 0,02(100 - 20) = 2,6 \quad k_2 = 2,41 \cdot 2,6 = 6,3 \quad k_z = 2 \cdot 2,6 = 5,2$$

Снижение потерь мощности за счёт снижения коэффициента обратной последовательности напряжения определяем по формуле и Таблице 1

$$\delta P_{U2} = \frac{S_{ном}}{10^4} k_2 (U_{2н}^2 - U_{2к}^2)$$

в трансформаторах

$$\delta P_{U2} = \frac{1000}{10^4} 2,67 (3^2 - 1^2) = 2,14 \text{ кВт};$$

в асинхронных двигателях

$$\delta P_{U2} = \frac{1000}{10^4} 6,3 (3^2 - 1^2) = 5 \text{ кВт};$$

в синхронных двигателях

$$\delta P_{U2} = \frac{1000}{10^4} 0,27 (3^2 - 1^2) = 0,22 \text{ кВт};$$

в конденсаторных батареях

$$\delta P_{U2} = \frac{1000}{10^4} 0,03 (3^2 - 1^2) = 0,003 \text{ кВт}.$$

Снижение потерь мощности за счёт снижения уровней высших гармоник, определяем по формуле и Таблицам 1 и 2

$$\delta P_{ov} = \frac{S_{ном}}{10^4} k_z \sum_{v=2}^{\infty} b_v (U_{vн}^2 - U_{vк}^2)$$

в трансформаторах

$$\delta P_{mv} = \frac{1000}{10^4} 1,62 [0,19 (6^2 - 2^2) + 0,19 (4^2 - 1^2)] = 1,44 \text{ кВт};$$

Варианты заданий для самостоятельного решения:

№ варианта	$U_{2н}$ , %	$U_{2к}$ , %	$U_{vн5}$ , %	$U_{vк5}$ , %	$U_{vн7}$ , %	$U_{vк7}$ , %	$S_{ном}$ , кВ·А	$P_{\delta,ном}$ , кВт
------------	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	------------------	------------------------

0	3	1	6	2	4	1	1000	20
1	4	1	7	2	4	2	1100	120
2	2	1	7	2	5	1	1000	520
3	3	1	5	1	5	1	1200	35
4	3	1	5	1	5	1	2000	1500
5	5	2	7	3	4	2	1900	820
6	4	2	6	2	4	2	1800	750
7	3	1	8	3	6	1	1500	610
8	5	2	5	1	5	1	1200	80
9	5	2	5	1	5	2	1000	40
10	4	1	6	2	6	2	1000	15
11	2	1	7	2	4	1	1000	95
12	2	1	7	2	4	1	1100	270
13	3	2	8	3	5	1	1000	4
14	4	1	6	1	4	1	1100	350
15	5	1	7	2	5	2	1100	510

**По результатам СРС выставляется:**

- 20 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 15-19 баллов, если правильно выполнено от 70% до 90% заданий.
- 10-14 баллов, если правильно выполнено от 60% до 70% заданий.

**В) Для промежуточного контроля:**

**Зачет с оценкой**

Оценка за освоение дисциплины, определяется на основании учебного рейтинга студента по модулю:

Оценка «отлично» - от 90 до 100 баллов.

Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученного модуля, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. В процессе обучения студент проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученного модуля (дисциплины), в полном объеме выполнил все виды предусмотренного программой контроля, безупречно ответил не только на все задания, но и выполнил контрольные работы в рамках основной программы модуля.

Оценка «хорошо» - от 76 до 89 баллов.

Студент обнаружил полное знание материалов изученного модуля, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, предусмотренную программой. Студент показал систематический характер знаний по модулю, выполнил более половины видов предусмотренного программой контроля, ответил на все задания, правильно выполнил контрольные работы, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» - от 60 до 75 баллов.

Студент обнаружил знание материала изученного модуля в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Студент выполнил не менее половины видов предусмотренного программой контроля, допустил погрешность в ответе на задания, контрольные работы, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» - менее 60 баллов.

Студент обнаружил серьезные пробелы в знаниях основного материала изученного модуля, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой

заданий. Студент выполнил менее половины видов предусмотренного программой контроля, не ответил на все задания, и неправильно выполнил контрольные работы.