

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учет и качество электроэнергии в условиях цифровизации систем  
электрообеспечения

**Код модуля**  
1161229(1)

**Модуль**  
Автоматизированные системы электрообеспечения

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Стаймова Елена Дмитриевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	автоматизированных электрических систем
2	Шелюг Станислав Николаевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	автоматизированных электрических систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.В. Коновалова

**Авторы:**

- **Стаймова Елена Дмитриевна, Старший преподаватель, автоматизированных электрических систем**
- **Шелюг Станислав Николаевич, Доцент, автоматизированных электрических систем**

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Учет и качество электроэнергии в условиях цифровизации систем электроснабжения**

1.	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	3	
2.	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет	
4.	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1

### 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Учет и качество электроэнергии в условиях цифровизации систем электроснабжения**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност	З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности	Зачет Лабораторные занятия Лекции

<p>и производственного цикла и продукта</p>	<p>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p>	
<p>УК-7 -Способен обрабатывать, анализировать, передавать данные и информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач с учетом требований информационной безопасности</p>	<p>П-1 - Обосновать выбор технических и программных средств защиты персональных данных и данных организации при работе с информационными системами на основе анализа потенциальных и реальных угроз безопасности информации П-2 - Решать поставленные задачи, используя эффективные цифровые средства и средства информационной безопасности У-2 - Выбирать современные цифровые средства и технологии для обработки, анализа и передачи данных с учетом поставленных задач</p>	<p>Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции</p>
<p>ПК-1 -Способен создавать и анализировать модели систем электроснабжения и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния</p>	<p>З-1 - Характеризовать информацию об элементах систем электроснабжения, необходимую для создания их моделей, в том числе расчётных. П-1 - Создавать числовые модели систем электроснабжения и отдельных её элементов. П-2 - Анализировать свойства систем электроснабжения и отдельных её элементов на</p>	<p>Домашняя работа Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции</p>

	<p>основе созданных моделей и сделать выводы.</p> <p>П-3 - Прогнозировать состояние элементов систем электроснабжения на основе созданных моделей и представить прогноз.</p> <p>У-1 - Соотносить исходные параметры электрических схем систем электроснабжения и расчётные модели этих систем.</p>	
<p>ПК-2 -Способен контролировать и оценивать допустимость режимов работы системы электроснабжения для выявления их соответствия технико-экономическим требованиям</p>	<p>З-1 - Описывать технические и экономические требования к показателям качества электрической энергии.</p> <p>З-2 - Характеризовать принципы выполнения измерений показателей качества электрической энергии.</p> <p>П-2 - Сделать вывод о наличии нарушений показателей качества электрической энергии в системе электроснабжения.</p> <p>П-3 - Сделать вывод о допустимости режимов работы систем электроснабжения с точки зрения основных законов электротехники.</p> <p>У-1 - Оценивать технико-экономическую эффективность режимов работы систем электроснабжения по результатам расчётов этих режимов и по результатам измерений.</p>	<p>Зачет</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Практические/семинарские занятия</p>
<p>ПК-3 -Способен осуществлять управление режимами системы электроснабжения для обеспечения требуемого качества электрической энергии.</p>	<p>З-1 - Объяснить влияние показателей качества электрической энергии на функционирование систем электроснабжения.</p> <p>З-2 - Описать способы снижения несимметрии и несинусоидальности в системах электроснабжения.</p> <p>П-1 - Предлагать способы и средства регулирования напряжений в системах электроснабжения.</p>	<p>Зачет</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Практические/семинарские занятия</p>

	<p>П-2 - Предлагать способы снижения несимметрии и несинусоидальности для обеспечения рабочих режимов электрической сети и приемников электроэнергии.</p> <p>У-2 - Анализировать результаты измерения и выявлять источники и причины ухудшения показателей качества электрической энергии.</p>	
<p>ПК-4 -Способен координировать деятельность работников по проектированию автоматизированной системы управления технологическими процессами и подразделений, снабжающих металлургическое производство электроэнергией</p>	<p>П-1 - Оформлять протокол измерений показателей качества электрической энергии и обработки этих измерений.</p> <p>У-1 - Определять объем потребленной электрической энергии по данным измерений.</p>	<p>Зачет</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Практические/семинарские занятия</p>

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	15	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.3</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр,	Максимальная оценка в баллах

	учебная неделя	
<i>домашняя работа</i>	15	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.2</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	15	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### **Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)

5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания	Нет результата
----	---	--	----------------

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 30804, ГОСТ 13109-97
2. Обработка результатов измерений
3. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников
4. Метрологические характеристики систем учета электроэнергии
5. Интеллектуальные системы учета электроэнергии
6. Особые нормальные режимы работы систем электроснабжения
7. Анализ несимметричных и несинусоидальных режимов системы электроснабжения

Примерные задания

- 1.1. Определение частоты сигнала по результатам работы измерительного устройства
- 1.2. Определение действующего значения тока и напряжения
- 1.3. Определение активной мощности
- 2.1. Определение коэффициентов несимметрии по нулевой и обратной последовательности
- 2.2. Оценка степени искажения синусоидальности кривой напряжения
- 2.3. Определение реактивной мощности
  
- 3.1. Оценка изменения параметров схемы замещения кабеля при протекании несинусоидальных токов
- 3.2. Оценка температурных характеристик кабельной линии при нелинейной и несинусоидальной нагрузке
- 3.3. Оценка работы силового трансформатора при нелинейной и несинусоидальной нагрузке
- 4.1. Оценка погрешности комплекса учета электроэнергии
- 4.2. Исследование изменения погрешности ТТ при вариациях величины первичного тока
- 4.3. Исследование изменения погрешности ТН при вариациях нагрузки вторичных цепей
- 5.1. Кодирование расположения комплексов учета
- 5.2. Исследования фазности подключения потребителей по данным системы учета электроэнергии
- 6.1. Построение и расчет параметров схемы замещения кабельной линии 0,4 кВ промышленного предприятия при наличии продольной и поперечной несимметрии
- 6.2. Построение и расчет параметров схемы замещения кабельной линии 0,4 кВ

промышленного предприятия при наличии нелинейных потребителей

7.1. Расчет сети 0,4 кВ промышленного предприятия при наличии несимметричной нагрузки

7.2. Расчет сети 0,4 кВ промышленного предприятия при наличии нелинейной нагрузки  
LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Изучение прибора Уран-100М. Выполнение измерений показателей качества электрической энергии

2. Изучение прибора Ресурс UF2. Программирование прибора. Выполнение измерений показателей качества электрической энергии прибором Ресурс UF2

3. Обработка результатов измерений показателей качества электрической энергии, выполненных прибором Уран-100М

4. Определение направления протекания мощности по данным измерений показателей качества электрической энергии прибором Ресурс UF2

5. Измерение падения напряжения приборами Ресурс UF2

6. Определение направления протекания мощности по данным измерений показателей качества электрической энергии прибором Уран-100М

7. Построение системы учета электроэнергии в сети 0,4 кВ

8. Поиск ошибок в работе систем учета электроэнергии по данным измерений  
LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Показатели качества электрической энергии и расчётные уравнения

2. Расчет диапазонов регулирования напряжения в центрах питания при сертификации качества электрической энергии

3. Расчет величины реактивной мощности в условиях нелинейности нагрузки

4. Основные положения ГОСТ-32144

5. Система учета электроэнергии по 522 ФЗ

Примерные задания

1.1. Формулы для расчета действующих значений

1.2. Уравнения для расчета коэффициента несимметрии по обратной последовательности

1.3. Уравнения расчета коэффициента искажения синусоидальности формы кривой напряжения

1.4. Классические уравнения расчета мощностей

Исходные данные для расчета диапазонов регулирования напряжения при сертификации качества электрической энергии

- 2.1. Определение потерь напряжения в сети 0,4 кВ
- 2.2. Определение потерь напряжения в трансформаторах. Учет положения анцапф.
- 2.3. Определение потерь напряжения в сети СН2
- 2.4. Определение диапазона регулирования напряжения в центре питания

- 3.1. Реактивная мощность по Фризе
- 3.2. Реактивная мощность по Буденау
- 3.3. Реактивная мощность по Маевскому
- 3.4. Реактивная мощность по IEEE
- 3.5. Реактивная мощность по Шарону
- 3.6. Реактивная мощность по Кастерсу-Муру

- 4.1. Медленные и быстрые изменения напряжения
- 4.2. Искажение синусоидальности формы кривой
- 4.3. Несимметрия
- 4.4. Фликер
- 4.5. Описать Классы измерений

- 5.1. Календарный план внедрения 522 ФЗ
- 5.2. Требования к интеллектуальным приборам учета электроэнергии
- 5.3. Минимальный набор измеряемых параметров по 890 ПП

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Домашняя работа**

Примерный перечень тем

1. Определение параметров и характеристик электрического режима трехфазной электрической сети по данным замеров мгновенных значений тока и напряжения выполненных специализированными устройствами и интеллектуальными приборами учета электроэнергии
2. Разработка мероприятий по улучшению показателей качества электрической энергии для электрической сети

Примерные задания

В качестве исходных данных использовать предоставленный замер электрических величин в соответствии с номером варианта.

Предполагается, что:

первые три канала – напряжения

вторые три канала – ток

Глубина замера – 960 точек.

Использовать следующие коэффициенты приведения номеров квантов в именованные величины:  $U_a$  - 0,181499;  $U_b$  - 0,18146;  $U_c$  - 0,181362;  $I_a$  - 0,006715;  $I_b$  - 0,006977;  $I_c$  - 0,00696.

Коэффициенты трансформации трансформаторов тока и трансформаторов напряжения приведены в таблице на листе исходных данных

Необходимо:

1. Определить частоту
2. Определить действующие значения всех каналов
3. Определить коэффициент мощности каждой фазы
4. Рассчитать прямую, нулевую и обратную последовательности тока и напряжения. Определить коэффициенты несимметрии по нулевой и обратной последовательности
5. Определить коэффициенты искажения синусоидальности формы кривой сигнала в каждом канале
6. Определить коэффициенты n-ой гармонической (до 40-й включительно) составляющей всех каналов
7. Определить дозу фликера
8. Определить активную и полную мощность по первой гармонике и по всему сигналу.
9. Определить реактивную и неактивную мощности. Воспользоваться теориями: фундаментальная, Буденау, Шарона, Кастерсу-Муру, IEEE STD/1459, Илиовиси, Маевского, Фризе, Зарнецкого и pq-теории.

Разработка мероприятий по повышению качества электрической энергии

Для данных расчётной работы 1 разработать технические мероприятия и рассчитать параметры технического устройства для приведения одного из показателей качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013. Параметр качества электрической энергии, который необходимо корректировать выбрать в соответствии с вариантом:.

- Вариант 1 – Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности
- Вариант 2 – Установившееся отклонение напряжения
- Вариант 3 – Провал напряжения
- Вариант 4 – Коэффициент n-ой гармонической составляющей (n=7)
- Вариант 5 – Коэффициент n-ой гармонической составляющей (n=9)
- Вариант 6 – Коэффициент n-ой гармонической составляющей (n=3)
- Вариант 7 – Коэффициент n-ой гармонической составляющей (n=5)
- Вариант 8 – Коэффициент несимметрии по обратной последовательности
- Вариант 9 – Фликер
- Вариант 10 – Отклонение частоты

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. Основные положения ГОСТ 32144-20103
2. Основные показатели качества электрической энергии
3. Качество электроэнергии как часть электромагнитной совместимости
4. Место качества электрической энергии в современной электроэнергетике

5. Состав комплексов учета электроэнергии
  6. Медленные изменения напряжения и фликер
  7. Несинусоидальность
  8. Несимметрия
  9. Цифровые устройств в измерениях показателей качества электрической энергии.
- Работа АЦП в измерительных устройствах
10. Определение частоты. Алгоритмы объединения результатов измерений.
- Неопределенность измерений
11. Блок схема работы приборов контроля качества ЭЭ. Схемы подключения приборов.
- Метрологическое обеспечение
12. Наиболее вероятные виновники ухудшения показателей качества электрической энергии
  13. Влияние энергоснабжающей организации и потребителя электроэнергии на показатели качества электроэнергии
  14. Система допущений при моделировании элементов системы электроснабжения
  15. Построение цифровых двойников генератора, ЛЭП, трансформатора, нелинейного потребителя
  16. Технологический и экономический ущерб от ухудшения показателей качества электроэнергии
  17. Трехмерная модель мощности. Мощность искажения
  18. Влияние качества электроэнергии: на потери электроэнергии
  19. Влияние качества электроэнергии на точность учета электроэнергии
  20. Организация учета электроэнергии в системах электроснабжения. Составные части системы учета электроэнергии
  21. Счетчики, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, УСПД, каналы передачи информации
  22. Основные метрологические характеристики систем учета электроэнергии. Способы их поддержания и контроля
  23. Основные положения 522 ФЗ от 27.12.2018 года.
  24. Особенности функционирования интеллектуальных систем учета электроэнергии
  25. Виды особых режимов. Возникновение продольной и поперечной несимметрии режима. Источники нарушения симметрии и синусоидальности.
  26. Виды режимов нейтралей. Влияние вида режима нейтралей оборудования электрических сетей на работу сетей при нарушении параметров качества
  27. Неполнофазные режимы линий электропередачи, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов
  28. Резонансные явления в системах электроснабжения
  29. Геоиндуцированные токи
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

