Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаранин Максим Алексеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.10.2026 16:45:56
Уникальный программный ключ:
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

# Качество электрической энергии

## рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.05 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
Специализация Электроснабжение железных дорог

Квалификация **инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

зачеты 8

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | **8 (4.2)** | | Итого | |
|---|---|---|---|---|
| Недель | 16 3/6 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Лабораторные | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Конт. ч. на аттест. в период ЭС | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| В том числе в форме практ.подготовки | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Итого ауд. | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Контактная работа | 48,15 | 48,15 | 48,15 | 48,15 |
| Сам. работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Часы на контроль | 8,85 | 8,85 | 8,85 | 8,85 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

Рабочая программа дисциплины

**Качество электрической энергии**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 217)

составлена на основании учебного плана: 23.05.05-25-2-СОДПэ.pli.plx

Специальность 23.05.05 СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ Направленность (профиль) Электроснабжение железных дорог

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электроснабжение железнодорожного транспорта**

Зав. кафедрой

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | |
|---|---|
| 1.1 | Формирование профессиональных компетенций в области измерений и оценки качества электроэнергии в системах электроснабжения |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ | |
|---|---|
| Цикл (раздел) ОП: | Б1.В.ДВ.03.02 |

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

ПК-4 Способен обеспечивать техническую поддержку процесса эксплуатации устройств электрификации и электроснабжения железнодорожного транспорта

ПК-4.2 Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

| | |
|---|---|
| **3.1** | **Знать:** |
| 3.1.1 | Показатели качества электрической энергии, методику расчета показателей |
| **3.2** | **Уметь:** |
| 3.2.1 | Производить измерения и расчеты показателей качества электрической энергии |
| **3.3** | **Владеть:** |
| 3.3.1 | работы с измерителями качества электрической энергии и программным обеспечением для обработки результатов измерений |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| | **Раздел 1. Показатели качества электрической энергии** | | | |
| 1.1 | ГОСТ: Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения /Лек/ | 8 | 2 | |
| 1.2 | Отклонение частоты. Медленные изменения напряжения. Колебания напряжения и фликер. Одиночные быстрые изменения напряжения /Лек/ | 8 | 2 | |
| 1.3 | Несинусоидальность напряжения. Гармонические и интергармонические составляющие напряжения. /Лек/ | 8 | 2 | |
| 1.4 | Несимметрия напряжений в трехфазных системах. Коэффициенты напряжения обратной и нулевой последовательности /Лек/ | 8 | 2 | |
| 1.5 | Прерывания напряжения. Провалы напряжения и перенапряжения. Импульсные напряжения /Лек/ | 8 | 2 | |
| | **Раздел 2. Обеспечение качества электрической энергии** | | | |
| 2.1 | Причины снижения качества электроэнергии в сетях общего назначения /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.2 | Влияние тяговой нагрузки системы постоянного тока на качество электроэнергии в смежных линиях /Лек/ | 8 | 4 | |
| 2.3 | Влияние тяговой нагрузки системы переменного тока на качество электроэнергии в смежных линиях. Качество электроэнергии в системе ДПР /Лек/ | 8 | 4 | |
| 2.4 | Приборы контроля и измерения качества электрической энергии /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.5 | Цифровые счетчики электроэнергии /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.6 | Компенсаторы реактивной мощности. Корректоры коэффициента мощности /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.7 | Статические тиристорные компенсаторы реактивной /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.8 | Фильтры гармоник /Лек/ | 8 | 2 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.9 | Симметрирующие трансформаторы. Симметрирующие устройства на базе управляемых конденсаторах /Лек/ | 8 | 2 | |
| 2.10 | Настройка и конфигурирование анализатора качества электрической энергии /Лаб/ | 8 | 3 | Практическая подготовка |
| 2.11 | Схемы подключения приборов для измерения качества электрической энергии. Особенности измерений со снятием напряжения и без снятия напряжения /Лаб/ | 8 | 3 | Практическая подготовка |
| 2.12 | Измерение показателей качества электрической энергии /Лаб/ | 8 | 2 | Практическая подготовка |
| 2.13 | Анализ данных измерений качества электроэнергии. Составление отчета /Лаб/ | 8 | 4 | Практическая подготовка |
| 2.14 | Оценка влияния нагрузки на качество электроэнергии /Лаб/ | 8 | 4 | Практическая подготовка |
| | **Раздел 3. Самостоятельная работа** | | | |
| 3.1 | Подготовка к лекциям /Ср/ | 8 | 16 | |
| 3.2 | Подготовка к лабораторным работам /Ср/ | 8 | 16 | |
| 3.3 | Нормативно-техническая документация: ГОСТ эмиссия тока нагрузки до 16А и более 16А /Ср/ | 8 | 19 | |
| | **Раздел 4. Контактные часы на аттестацию** | | | |
| 4.1 | Зачет /КЭ/ | 8 | 0,15 | |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля) в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес |
|---|---|---|---|---|
| Л1.1 | Билалова А. И. | Прогнозирование потребления и повышение качества электроэнергии: учебное пособие | Москва: УлГТУ, 2023 | https://e.lanbook.com/bo |

### 6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

#### 6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| | |
|---|---|
| 6.2.1.1 | МойОфис стандартный |
| 6.2.1.2 | Конфигуратор анализатора качества электроэнергии "Ресурс" |

#### 6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| | |
|---|---|
| 6.2.2.1 | Профессиональные базы данных: |
| 6.2.2.2 | База данных для электроэнергетиков: https://pomegerim.ru/ |
| 6.2.2.3 | База данных «Техническая литература» http://booktech.ru/journals/vestnik-mashinostroeniya |
| 6.2.2.4 | База данных Росстандарта https://www.gost.ru/portal/gost/ |
| 6.2.2.5 | Информационные справочные системы: |
| 6.2.2.6 | Информационно-правовой портал Гарант http://www.garant.ru |

| | |
|---|---|
| 6.2.2.7 | Информационно справочная система Консультант плюс http://www.consultant.ru |
| **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | |
| 7.1 | Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное). |
| 7.2 | Лабораторные работы проводятся с использованием современных компьютеров в компьютерном классе, укомплектованном специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Анализатор качества электроэнергии Ресурс или аналог. |
| 7.3 | Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. |

Приложение
к рабочей программе дисциплины

# ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

**Качество электрической энергии**

*(наименование дисциплины(модуля)*

Направление подготовки / специальность

**23.05.05 Системы обеспечения движения поездов**

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

**Электроснабжение железных дорог**

*(наименование)*

## 1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации:
*зачет – 8 семестр (ОФО), 5 курс (ЗФО)*

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции | Код индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| *ПК-4: Способен обеспечивать техническую поддержку процесса эксплуатации устройств электрификации и электроснабжения железнодорожного транспорта* | *ПК-4.2: Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов* |

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | Оценочные материалы |
|---|---|---|
| *ПК-4.2: Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов* | Обучающийся знает: показатели качества электрической энергии, причины снижения качества электроэнергии, способы повышения качества электроэнергии | Тест: 1-15<br>Вопросы: 1-17 |
| | Обучающийся умеет: производить измерения и оценку показателей качества электроэнергии | Задания: 1-4 |
| | Обучающийся владеет: приборной базой и методикой проведения измерений показателей качества электроэнергии | Задания: 5-7 |

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в одной из следующих форм:
1) собеседование;
2) выполнение заданий в ЭИОС университета.

## 2. Типовые[1] контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

### 2.1 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Образовательный результат |
|---|---|
| *ПК-4.2: Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов* | Обучающийся знает: показатели качества электрической энергии, причины снижения качества электроэнергии, способы повышения качества электроэнергии |
| 1. Какие параметры напряжения регламентируются ГОСТом качества электроэнергии?<br>а) амплитуда<br>б) фаза<br>в) частота<br>2. Какие параметры напряжения регламентируются ГОСТом качества электроэнергии?<br>а) прерывание напряжения | |

[1] Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

б) провал напряжения
в) отключение напряжения
г) все перечисленное

3. Что такое фликер?
а) Ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное световым источником, яркость или спектральный состав которого изменяются во времени
б) Ощущение неопределенности, ожидание плохих событий, чувство тревоги, переживание волнения, неприятное предчувствие надвигающейся беды
в) Визуальное восприятие колебаний электромагнитного поля линии электропередачи

4. Что относится к показателям качества электроэнергии?
а) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения
б) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности
в) коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности
г) все перечисленное

5. Что относится к показателям качества электроэнергии?
а) отклонение частоты
б) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения
в) коэффициент полезного действия
г) отклонение тока нулевой последовательности
д) все перечисленное

6. Что относится к показателям качества электроэнергии?
а) размах изменения напряжения
б) доза фликера
в) коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения
г) все перечисленное

7. Причины снижения качества электроэнергии
а) неправильная работа генератора
б) нелинейная нагрузка
в) короткое замыкание
г) все перечисленное

8. Причины снижения качества электроэнергии
а) подключение светодиодного освещения
б) использование компенсаторов реактивной мощности
в) применение выпрямителей
г) все перечисленное

9. Причины снижения качества электроэнергии
а) применение двигателей с частотными регуляторами
б) использование компенсаторов реактивной мощности
в) короткое замыкание
г) все перечисленное

10. Способы повышения качества электроэнергии
а) использование компенсаторов реактивной мощности
б) применение инверторов
в) применение фильтров гармоник
г) все перечисленное

11. Способы повышения качества электроэнергии
а) отключение нагрузки
б) применение кабельных линий вместо воздушных
в) применение симметрирующих трансформаторов
г) все перечисленное

12. Причины снижения качества электроэнергии в линиях ДПР
а) подключение светодиодного освещения
б) неравномерное подключение однофазных нагрузок
в) проход по участку поездов
г) все перечисленное

13. Причины снижения качества электроэнергии в линиях ДПР
а) проход по участку поездов
б) использование рельса в качестве одного из проводов
в) наведенное напряжение от тяговой сети
г) все перечисленное

14. Какие из приборов можно использовать для измерения качества электроэнергии
а) вольтметр
б) анализатор качества электроэнергии
в) спектрограф
г) фазометр
д) все перечисленные

15. На что влияет снижение напряжения
а) скорость вращения электродвигателей

| |
|---|
| б) светоотдача светодиодных светильников<br>в) температура электронагревателей<br>г) пробой изоляции<br>д) все перечисленное |

## 2.2 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Образовательный результат |
|---|---|
| *ПК-4.2: Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов* | Обучающийся умеет: производить измерения и оценку показателей качества электроэнергии |
| 1. Выполнить выгрузку результатов измерений с анализатора качества электроэнергии<br>2. Составить отчет с заключением о соответствии качества электроэнергии требованиям ГОСТ<br>3. Выполнить оценку гармонического состава тока нагрузки<br>4. Выполнить оценку гармонического состава напряжения в сети | |
| *ПК-4.2: Выполняет измерения и оценку состояния устройств тягового электроснабжения и анализ полученных результатов* | Обучающийся владеет: приборной базой и методикой проведения измерений показателей качества электроэнергии |
| 5. Выполнить настройку анализатора качество электроэнергии<br>6. Подключить на стенде анализатор качества электроэнергии к измеряемой цепи 0,4кВ с использованием переносных токовых клещей<br>7. Подключить на стенде анализатор качества электроэнергии к измеряемой цепи 10кВ через стендовые измерительные трансформаторы | |

2.3. Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. ГОСТ: Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
2. Отклонение частоты.
3. Медленные изменения напряжения.
4. Колебания напряжения и фликер.
5. Одиночные быстрые изменения напряжения
6. Несинусоидальность напряжения. Гармонические и интергармонические составляющие напряжения
7. Несимметрия напряжений в трехфазных системах. Коэффициенты напряжения обратной и нулевой последовательности
8. Прерывания напряжения. Провалы напряжения и перенапряжения. Импульсные напряжения
9. Причины снижения качества электроэнергии в сетях общего назначения
10. Влияние тяговой нагрузки системы постоянного тока на качество электроэнергии в смежных линиях
11. Влияние тяговой нагрузки системы переменного тока на качество электроэнергии в смежных линиях. Качество электроэнергии в системе ДПР
12. Приборы контроля и измерения качества электрической энергии
13. Цифровые счетчики электроэнергии
14. Компенсаторы реактивной мощности.
15. Корректоры коэффициента мощности
16. Статические тиристорные компенсаторы реактивной
17. Фильтры гармоник

## 3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

### Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90% от общего объёма заданных вопросов;

- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76% от общего объёма заданных вопросов;

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы –75–60 % от общего объёма заданных вопросов;

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60% от общего объёма заданных вопросов.

**Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий**

**«Отлично/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

**«Хорошо/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

**«Удовлетворительно/зачтено»** – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

**«Неудовлетворительно/не зачтено»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

*Виды ошибок:*

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*

- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*

- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

**Критерии формирования оценок по зачету**

**«Зачтено»** – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний; допустил ошибки и неточности.

**«Не зачтено»** – студент демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки.