

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Электрических станций, сетей и систем»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры электрических станций, сетей и систем  
Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЭС»**

---

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

---

---

Электрические станции

---

---

Квалификация: Бакалавр

---

---

Форма обучения: заочная

---

|                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Документ подписан простой электронной<br>подписью<br>Составитель программы: Тигунцев Степан<br>Георгиевич<br>Дата подписания: 10.06.2025 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Документ подписан простой электронной<br>подписью<br>Утвердил и согласовал: Федосов Денис<br>Сергеевич<br>Дата подписания: 10.06.2025 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1 Дисциплина «Качество электроэнергии в ЭЭС» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

| <b>Код, наименование компетенции</b>                                                                                                           | <b>Код индикатора компетенции</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ПКР-1 Способность к оформлению и представлению результатов выполненной научно-исследовательской работы в области профессиональной деятельности | ПКР-1.3                           |
| ПКС-2 Способность к выполнению работ по управлению режимами электрических станций и электроэнергетических систем                               | ПКС-2.1                           |

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

| <b>Код индикатора</b> | <b>Содержание индикатора</b>                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Результат обучения</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКР-1.3               | Оформляет результаты научно-исследовательской работы в области электроэнергетики в виде отчёта, реферата или публикации, защищает результаты выполненной научно-исследовательской работы, участвует в дискуссиях по теме исследования                               | <b>Знать</b> основы оформления результатов научно-исследовательской работы в области качества электроэнергии в виде отчёта, реферата или публикации.<br><b>Уметь</b> защищать результаты выполненной научно-исследовательской работы.<br><b>Владеть</b> навыками участия в дискуссиях по теме исследования.                                                                                                                                                                                                                                               |
| ПКС-2.1               | Проводит необходимые расчёты и эксперименты для анализа качества электроэнергии в электрических системах, предлагает организационные и технические решения для управления качеством электроэнергии в электрических системах, оценивает их техническую эффективность | <b>Знать</b> методику проведения необходимых расчётов и экспериментов для анализа качества электроэнергии организационные и технические решения для управления качеством электроэнергии в электрических системах.<br><b>Уметь</b> проводить расчёты и эксперименты для анализа качества электроэнергии, формировать организационные и технические решения для управления качеством электроэнергии в электрических системах<br><b>Владеть</b> навыками оценки эффективности организационных и технических решений для управления качеством электроэнергии. |

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Качество электроэнергии в ЭЭС» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Математические задачи электроэнергетики», «Математическое моделирование в энергетике и электротехнике», «Теоретические основы электротехники», «Физика», «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Электротехнологическое и конструкционное материаловедение», «Испытания электротехнического оборудования»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Принципы оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике», «Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций», «Электроэнергетические системы и управление ими»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

| Вид учебной работы                                                | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам<br>астрономического часа) |                 |             |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|
|                                                                   | Всего                                                                                                            | Семес<br>тр № 3 | Семестр № 4 |
| Общая трудоемкость дисциплины                                     | 108                                                                                                              | 36              | 72          |
| Аудиторные занятия, в том числе:                                  | 12                                                                                                               | 2               | 10          |
| лекции                                                            | 4                                                                                                                | 2               | 2           |
| лабораторные работы                                               | 4                                                                                                                | 0               | 4           |
| практические/семинарские занятия                                  | 4                                                                                                                | 0               | 4           |
| Контактная работа, в том числе                                    | 0                                                                                                                | 0               | 0           |
| в форме работы в электронной информационной образовательной среде | 0                                                                                                                | 0               | 0           |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)           | 92                                                                                                               | 34              | 58          |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                             | 4                                                                                                                | 0               | 4           |
| Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)   | , Зачет                                                                                                          |                 | Зачет       |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

#### Семестр № 3

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины          | Виды контактной работы |              |    |              |         |              | СРС  |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|-------------------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------|--------------|------|--------------|-------------------------------|
|          |                                                       | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ) |              |      |              |                               |
|          |                                                       | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                                     | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7       | 8            | 9    | 10           | 11                            |
| 1        | Установочная лекция по качеству электрической энергии | 1                      | 2            |    |              |         |              | 1, 2 | 34           | Устный опрос                  |
|          | Промежуточная аттестация                              |                        |              |    |              |         |              |      |              |                               |
|          | Всего                                                 |                        | 2            |    |              |         |              |      | 34           |                               |

#### Семестр № 4

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины | Виды контактной работы |              |    |              |               |              | СРС  |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|----------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------------|--------------|------|--------------|-------------------------------|
|          |                                              | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ)       |              |      |              |                               |
|          |                                              | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №             | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                            | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7             | 8            | 9    | 10           | 11                            |
| 1        | Улучшение КЭЭ                                | 1                      | 2            | 2  | 2            | 1, 2,<br>3, 4 | 4            | 1, 2 | 58           | Устный<br>опрос               |
|          | Промежуточная<br>аттестация                  |                        |              |    |              |               |              |      | 4            | Зачет                         |
|          | Всего                                        |                        | 2            |    | 2            |               | 4            |      | 62           |                               |

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 3

| № | Тема                                                  | Краткое содержание                                                      |
|---|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Установочная лекция по качеству электрической энергии | ГОСТ 32144-2013, нормы КЭЭ, Методы измерения и расчета показателей КЭЭ. |

##### Семестр № 4

| № | Тема          | Краткое содержание |
|---|---------------|--------------------|
| 1 | Улучшение КЭЭ | Улучшение КЭЭ      |

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 4

| № | Наименование лабораторной работы                                                               | Кол-во академических часов |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Поддержание отклонений напряжений в норме при различных условиях                               | 2                          |
| 2 | Уменьшение несимметрии напряжений до нормы. Уменьшение несинусоидальности напряжений до нормы. | 2                          |

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 4

| № | Темы практических (семинарских) занятий                                      | Кол-во академических часов |
|---|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Расчет параметров схем замещения элементов ЭЭС по прямой последовательности. | 1                          |
| 2 | Расчет и анализ отклонений напряжений при различных условиях                 | 1                          |
| 3 | Расчет и анализ несимметричных режимов в симметричных координатах            | 1                          |
| 4 | Расчет и анализ несинусоидальных режимов в симметричных координатах          | 1                          |

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 3

| № | Вид СРС                                                   | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам | 16                         |
| 2 | Проработка разделов теоретического материала              | 18                         |

##### Семестр № 4

| № | Вид СРС                                      | Кол-во академических часов |
|---|----------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Подготовка к зачёту                          | 28                         |
| 2 | Проработка разделов теоретического материала | 30                         |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: компьютерные симуляции

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

###### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

МУ по расчету параметров схем замещения элементов ЭЭС по прямой последовательности.

МУ по расчету параметров схем замещения элементов ЭЭС по обратной последовательности для расчета несимметричных режимов.

МУ по расчету параметров схем замещения элементов ЭЭС на частотах гармоник для расчета несинусоидальных режимов.

МУ по расчету и анализу отклонений напряжений при различных условиях

###### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

МУ по выбору компенсирующих устройств для нормализации отклонений напряжений в сложной ЭЭС

МУ по выбору параметров симметрирующих устройств для нормализации показателей несимметрии напряжений в сложной ЭЭС

МУ по выбору фильтров высших гармоник для нормализации показателей несинусоидальности напряжений в сложной ЭЭС

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

МУ по подготовке к практическим занятиям (лабораторным работам)

МУ по расчетно-графическим и аналогичным работам по качеству ЭЭ.

МУ по оформлению отчетов по лабораторным и практическим работам по темам КЭЭ.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 учебный год 3 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Описание процедуры: письменный опрос обучающихся на первых двух лекциях и лабораторных работах по вопросам, пройденным при изучении предшествующих дисциплин.

Пример задания:

1. Векторные диаграммы токов и напряжений (назначение, правила построения).
2. Комплексные величины в электроэнергетике.
3. Метод симметричных составляющих (назначение метода, виды симметричных составляющих тока и напряжения )
4. Несинусоидальность токов и напряжений. Гармонические составляющие.

##### **Критерии оценивания.**

контроль считается пройденным, если обучающийся верно отвечает на 3 из 4 предложенных вопросов по данным темам, демонстрируя знание и понимание предшествующих курсов, необходимых для освоения дисциплины. В противном случае обучающемуся выдаётся список рекомендованной литературы для освоения вопросов входного контроля и назначается дата пересдачи в течение ближайших двух недель.

#### **6.1.2 учебный год 4 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

устный выборочный опрос обучающихся на лекциях, практических и лабораторных работах по темам, пройденным на предыдущих занятиях по дисциплине. Вопросы для контроля (пример):

1. Какие требования предъявляются к обеспечению КЭЭ? Что означает каждое из них?
2. Что такое качество ЭЭ и показатель качества ЭЭ?
3. Назовите элементную базу устройств для повышения качества ЭЭ.
4. Чем характеризуется и как проверяется качество ЭЭ.

##### **Критерии оценивания.**

в течение семестра каждый обучающийся в течение 1-3 раз (в зависимости от числа обучающихся в группах) участвует в устном опросе (выборочно по списку группы). Ответ на вопрос должен быть кратким и содержательным. За каждый неверный ответ или отсутствие ответа обучающийся получает штрафной балл. При сдаче промежуточной аттестации за каждый штрафной балл обучающийся получает по

дополнительному вопросу по той же теме, которая вызвала затруднения при устном опросе.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

| <b>Индикатор достижения компетенции</b> | <b>Критерии оценивания</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ПКР-1.3                                 | Оформляет результаты научно исследовательской работы в области электроэнергетики в виде отчёта, реферата или публикации, защищает результаты выполненной научно исследовательской работы, участвует в дискуссиях по теме исследования                               | устный опрос                                                 |
| ПКС-2.1                                 | Проводит необходимые расчёты и эксперименты для анализа качества электроэнергии в электрических системах, предлагает организационные и технические решения для управления качеством электроэнергии в электрических системах, оценивает их техническую эффективность | устный опрос                                                 |

### **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

#### **6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине**

##### **6.2.2.1.1 Описание процедуры**

К зачёту допускаются обучающиеся, прошедшие все этапы текущего контроля (входной контроль, защита отчётов по лабораторным и практическим работам). На зачёт ко времени, указанному в расписании, приходит вся учебная группа либо поочерёдно первая и вторая подгруппа (по согласованию с преподавателем). Зачёт состоит из двух частей: письменной и устной. Обучающиеся, получив билет, в течение 40-45 минут в письменной форме тезисно отвечают на вопросы билета и решают в общем виде задачу. На письменной части зачёта обучающимся не разрешается разговаривать друг с другом и пользоваться конспектами лекций, литературой, средствами связи. Письменная часть зачёта заканчивается тогда,

когда последний обучающийся из группы/подгруппы сдаёт свой письменный ответ. В течение 10-15 минут преподаватель проверяет ответы обучающихся, после чего начинается

устная часть зачёта. При подготовке к устному ответу разрешается пользоваться любой литературой. На устную часть зачёта обучающийся предоставляет преподавателю написанный собственноручно конспект лекций. Преподаватель задаёт 2-3 уточняющих вопроса по темам в билете обучающегося и 1-2 дополнительных вопроса по теоретическому курсу из расчёта около 10 минут на обучающегося.

#### Пример задания:

Зачёт за семестр 3 и 4 обучающиеся сдают по билетам.

Типовая форма билета за семестр 3 и 4:

Направление: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Профили: «Электрические станции», «Электроснабжение»

Билет № 1

для проведения промежуточной аттестации по дисциплине: Качество электроэнергии в ЭЭС

1. Характеристика качества электроэнергии. Нормируемые показатели качества ЭЭ.
2. Характеристики схемы замещения электрической сети по обратной последовательности.
3. Задача №1.

Билет составил: доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_ С.Г. Тигунцев.

#### **6.2.2.1.2 Критерии оценивания**

| <b>Зачтено</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Не зачтено</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обучающийся обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала в области качества ЭЭ в электроэнергетических систем, а именно: знание показателей качества ЭЭ, нормирования показателей качества ЭЭ, влияния качества ЭЭ на работу электрооборудования, метод симметричных составляющих, гармонических составляющих, характеристики отклонения, колебания, провала, отключения напряжения и перенапряжения, формирования схем замещения для расчета нормальных, несимметричных и несинусоидальных режимов, алгоритмы расчета НР и НСР, алгоритмы определения параметров устройств для улучшения качества ЭЭ. Обучающийся умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой, знает основные показатели качества ЭЭ, способен выполнять расчёты НР, НСР и параметров устройств для улучшения | Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала: не знает показателей качества ЭЭ, нормирование показателей качества ЭЭ, влияния качества ЭЭ на работу электрооборудования, метод симметричных составляющих, гармонических составляющих, характеристики отклонения, колебания, провала, отключения напряжения и перенапряжения, формирования схем замещения для расчета нормальных, несимметричных и несинусоидальных режимов, алгоритмы расчета НР и НСР, алгоритмы определения параметров устройств для улучшения качества ЭЭ. Обучающийся допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знает основные показатели качества ЭЭ, не способен выполнять расчёты НР, НСР и параметров устройств для улучшения показателей качества ЭЭ.<br>Ответы обучающегося носят |

|                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| показателей качества ЭЭ.<br>Обучающийся демонстрирует систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности | несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, обучающийся не понимает существа излагаемых им вопросов |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 7 Основная учебная литература

1. Качество электроэнергии в ЭЭС [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам, практическим работам и самостоятельной работе для очной и заочной форм обучения по направлению подготовки бакалавра 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль "Электрические станции" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 91.
2. Управление качеством электроэнергии / И. И. Карташев [и др.], 2006. - 319.
3. Федосов Д. С. Учебное пособие по дисциплине Управление качеством электроэнергии [Электронный ресурс] / Д. С. Федосов, 2012. - 98.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Левин М. С. Качество электроэнергии в сетях сельских районов / М. С. Левин, А. Е. Мурадян, Н. Н. Сырых, 1975. - 225.
2. Иванов В. С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В. С. Иванов, В. И. Соколов, 1987. - 336.
3. Островский Э. П. Электроснабжение и качество электроэнергии в сетях угольных шахт : (обзор) / Э. П. Островский, Е. П. Бабкин, 1973. - 53.
4. Качество электроэнергии в сетях промышленных предприятий : материалы конференции, 1977. - 182.
5. Кобозев В. А. Качество электроэнергии и энергоэффективность систем электроснабжения потребителей : учебное пособие / В. А. Кобозев, И. В. Лыгин, 2022. - 356.
6. Закарюкин В. П. Управление качеством электроэнергии в системах электроснабжения железных дорог : монография / В. П. Закарюкин, А. В. Крюков, А. В. Черепанов, 2015. - 179.
7. Управление качеством электроэнергии : учебное пособие / И. И. Карташев [и др.], 2017. - 347.

## 9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## 10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

#### **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Свободно распространяемое программное обеспечение MS Office
2. Свободно распространяемое программное обеспечение Solver

#### **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Компьютерный класс с проектором