

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 ФИО: Игнатенко Виталий Иванович высшего образования  
 Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике  
 Дата подписания: 24.06.2025 20:30:06 «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»  
 Уникальный программный ключ: (ЗГУ)  
 a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по ОД и МП  
 \_\_\_\_\_ Игнатенко В.И.

## Качество электроэнергии и электроснабжения

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Электроэнергетики и автоматики**

Учебный план 13.03.02\_бак\_заочн\_ЭЭ-2025+.plx  
 Направление подготовки: Электроэнергетика и электротехника

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 72  
 в том числе:  
 аудиторные занятия 10  
 самостоятельная работа 62

Виды контроля в семестрах:  
 зачеты 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр<br>на курсе>) | 7 (4.1) |    | Итого |    |
|-------------------------------------------|---------|----|-------|----|
| Неделя                                    | 10      |    |       |    |
| Вид занятий                               | уп      | рп | уп    | рп |
| Лекции                                    | 4       | 4  | 4     | 4  |
| Практические                              | 6       | 6  | 6     | 6  |
| Итого ауд.                                | 10      | 10 | 10    | 10 |
| Контактная работа                         | 10      | 10 | 10    | 10 |
| Сам. работа                               | 62      | 62 | 62    | 62 |
| Итого                                     | 72      | 72 | 72    | 72 |

Программу составил(и):

*кандидат технических наук Доцент Петров Алексей Михайлович* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

**Качество электроэнергии и электроснабжения**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электроэнергетики и автоматики**

Протокол от г. №

Срок действия программы: уч.г.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент А.М. Петров

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Электроэнергетики и автоматики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Электроэнергетики и автоматики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры  
**Электроэнергетики и автоматики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_\_ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры  
**Электроэнергетики и автоматики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2029 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой к.т.н., доцент А.М. Петров \_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

|     |                                                                                 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 | формирование систематизированных знаний о                                       |
| 1.2 | современных методах анализа и управления качеством электроэнергии, приобретение |
| 1.3 | студентами навыков определения показателей качества электроэнергии в системах   |
| 1.4 | электроэнергетики, а также выбора технических средств и схемных решений для его |
| 1.5 | улучшения.                                                                      |

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

|                    |                                                                                                              |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Цикл (раздел) ООП: |                                                                                                              | ФТД |
| <b>2.1</b>         | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                 |     |
| 2.1.1              | Оптимизация систем электроснабжения                                                                          |     |
| 2.1.2              | Электробезопасность                                                                                          |     |
| 2.1.3              | Оптимизация систем электроснабжения                                                                          |     |
| 2.1.4              | Электробезопасность                                                                                          |     |
| <b>2.2</b>         | <b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |     |
| 2.2.1              | Электрическая часть электростанций и подстанций                                                              |     |
| 2.2.2              | Электроснабжение                                                                                             |     |
| 2.2.3              | Электрическая часть электростанций и подстанций                                                              |     |
| 2.2.4              | Электроснабжение                                                                                             |     |

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

**ПК-1.1: Демонстрирует знание правила проектирования, исполнения производственной программы (в части планирования технических воздействий), а также технологии производства работ оборудования систем электроснабжения**

**Знать:****Уметь:****Владеть:**

**ПК-1.2: Демонстрирует умение планировать производственную деятельность, ремонты оборудования систем электроснабжения**

**Знать:****Уметь:****Владеть:**

**ПК-1.3: Демонстрирует способность технического обоснования проектов ввода объектов нового строительства и технологического присоединения к электрическим сетям, реновации в части систем электроснабжения**

**Знать:****Уметь:****Владеть:**

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

|            |                                                                                                                                                                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                       |
| 3.1.1      | <input type="checkbox"/> влияние качества электроэнергии (КЭ) на электроприемники и системы электроснабжения, технологические процессы, объекты систем электроэнергетики;                           |
| 3.1.2      | <input type="checkbox"/> нормирование показателей качества электроэнергии (ПКЭ); методы и измерительно-вычислительные комплексы для контроля качества электроэнергии; методы расчета ПКЭ;           |
| 3.1.3      | <input type="checkbox"/> современные схемные решения и технические средства улучшения ПКЭ; принципы и способы управления КЭ, в том числе и вопросы оптимизации КЭ.                                  |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                       |
| 3.2.1      | <input type="checkbox"/> определять источники искажения КЭ и пользоваться ГОСТом 13109-97; рассчитывать основные показатели качества электроэнергии в электрических схемах различной сложности;     |
| 3.2.2      | <input type="checkbox"/> выбирать точки, виды и периодичность контроля качества электроэнергии; выбирать схему или техническое устройство для нормализации ПКЭ, а также рассчитывать его параметры; |
| 3.2.3      | <input type="checkbox"/> осуществлять контроль КЭ;                                                                                                                                                  |

|            |                                                                                                                                                                |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.2.4      | <input type="checkbox"/> выбирать оптимальный вариант схемы электроснабжения или электрической сети при наличии источников искажения КЭ;                       |
| 3.2.5      | <input type="checkbox"/> определять ущербы от пониженного качества электроэнергии;                                                                             |
| 3.2.6      | <input type="checkbox"/> проводить комплексные исследования КЭ и решать вопросы его нормализации для реальных объектов систем электроэнергетики.               |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                |
| 3.3.1      | <input type="checkbox"/> использования методов расчета показателей качества электроэнергии в различных узлах электроэнергетической системы;                    |
| 3.3.2      | <input type="checkbox"/> выбора оптимальных с точки зрения обеспечения качества электроэнергии схем подстанций, электрических сетей и систем электроснабжения; |
| 3.3.3      | <input type="checkbox"/> контроля и управления качеством электроэнергии на различных объектах систем электроэнергетики;                                        |
| 3.3.4      | <input type="checkbox"/> определения неустойки в случае нарушения качества электроэнергии.                                                                     |

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

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                              | Семестр / Курс | Часов | Компетенции          | Литература | Инте ракт. | Примечание |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|----------------------|------------|------------|------------|
|             | <b>Раздел 1.</b>                                                                       |                |       |                      |            |            |            |
| 1.1         | Влияние качества электроэнергии на электроприемники и технологические установки. /Лек/ | 7              | 2     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.2         | Нормативно-правовое обеспечение проблемы качества электроэнергии. /Пр/                 | 7              | 2     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.3         | Контроль качества электроэнергии. /Лек/                                                | 7              | 1     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.4         | Определение отклонений и колебаний напряжения /Пр/                                     | 7              | 2     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.5         | Улучшение качества электроэнергии /Пр/                                                 | 7              | 2     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.6         | Расчет несинусоидальности и несимметрии напряжения /Лек/                               | 7              | 1     | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |
| 1.7         | срс /Ср/                                                                               | 7              | 62    | ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 |            | 0          |            |

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

##### 5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Определите понятие качества электроэнергии (КЭ). Какие основные показатели КЭ вы знаете?
2. Назовите основные факторы, влияющие на КЭ в современных электрических сетях.
3. Опишите основные нормативные документы, регламентирующие требования к КЭ в Российской Федерации.
4. Сравните и проанализируйте требования к КЭ в различных точках электрической сети (точка общего присоединения, граница балансовой принадлежности).
5. Объясните, почему обеспечение КЭ является важной задачей для энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии.
6. В чем разница между терминами "соответствие КЭ" и "улучшение КЭ"? Какие методы используются для достижения этих целей?
7. Охарактеризуйте международные стандарты, регулирующие КЭ (например, IEC 61000). В чем их отличие от российских стандартов?
8. Перечислите и опишите основные показатели КЭ, определенные в ГОСТ Р 54149-2010.
9. Дайте определение установившемуся отклонению напряжения и коэффициенту n-ой гармонической составляющей напряжения. Как они измеряются и контролируются?
10. Что такое доза фликера? Какие факторы влияют на уровень фликера в электрической сети?
11. Объясните понятие несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям. Какие причины вызывают несимметрию напряжения?
12. Опишите кратковременные и длительные провалы напряжения. Какие последствия они могут вызвать для электрооборудования потребителей?
13. Что такое перенапряжение? Какие существуют виды перенапряжений в электрических сетях?
14. Объясните понятие импульсного напряжения. Какие меры защиты применяются для снижения влияния импульсных напряжений на электрооборудование?
15. Опишите гармонические искажения напряжения и тока. Какие потребители являются основными генераторами гармоник в электрических сетях?
16. Как коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (THD) характеризует КЭ? Какие значения THD считаются допустимыми?

17. Объясните, как рассчитываются и интерпретируются показатели КЭ, основанные на статистической обработке результатов измерений (например, 95% значение).
18. Назовите основные причины, вызывающие отклонения напряжения в электрических сетях.
19. Опишите влияние коммутационных процессов на КЭ. Какие устройства могут создавать коммутационные помехи?
20. Объясните, как нелинейные нагрузки (например, выпрямители, частотные преобразователи) влияют на КЭ.
21. Какое влияние оказывает работа дуговых сталеплавильных печей на КЭ? Какие меры предпринимаются для снижения их влияния?
22. Опишите влияние ветроэнергетических установок и солнечных электростанций на КЭ.
23. Как влияет использование энергосберегающих ламп и светодиодных светильников на КЭ?
24. Объясните влияние процессов регулирования напряжения на КЭ.
25. Какое влияние оказывают аварийные режимы работы электрических сетей на КЭ?
26. Опишите влияние электромагнитных помех на работу оборудования потребителей.
27. Как влияет старение оборудования электрических сетей на КЭ?
28. Опишите основные методы контроля КЭ.
29. Какие типы приборов используются для измерения показателей КЭ?
30. Охарактеризуйте современные анализаторы КЭ. Какие функции они выполняют?
31. Как проводятся измерения КЭ в различных точках электрической сети (на подстанциях, у потребителей)?
32. Опишите особенности измерений показателей КЭ в сетях с распределенной генерацией.
33. Какие требования предъявляются к точности измерений показателей КЭ?
34. Как обрабатываются и анализируются результаты измерений показателей КЭ?
35. Опишите автоматизированные системы контроля КЭ. Какие функции они выполняют?
36. Как используются данные мониторинга КЭ для повышения надежности электроснабжения?
37. Какие проблемы возникают при проведении измерений показателей КЭ в реальных условиях эксплуатации?
38. Опишите основные методы улучшения КЭ.
39. Какие устройства используются для компенсации реактивной мощности?
40. Как работают статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК)?
41. Опишите активные фильтры гармоник. Как они компенсируют гармонические искажения?
42. Как используются трансформаторы с регулированием под нагрузкой (РПН) для поддержания напряжения?
43. Опишите использование устройств плавного пуска для снижения влияния пусковых токов на КЭ.
44. Как применяются источники бесперебойного питания (ИБП) для защиты электрооборудования от провалов напряжения?
45. Опишите методы заземления нейтрали в электрических сетях для улучшения КЭ.
46. Как применяется экранирование кабелей и проводов для снижения электромагнитных помех?
47. Опишите современные технологии улучшения КЭ в сетях с распределенной генерацией.
48. Охарактеризуйте перспективные направления развития технологий улучшения КЭ, такие как использование накопителей энергии.
49. Оцените экономические потери, связанные с низким КЭ.
50. Как рассчитываются затраты на мероприятия по улучшению КЭ?
51. Опишите систему штрафов и поощрений за соблюдение требований к КЭ.
52. Какие экономические выгоды получают потребители от улучшения КЭ?
53. Как оценивается экономическая эффективность внедрения устройств компенсации реактивной мощности?
54. Опишите моделирование и прогнозирование влияния КЭ на экономические показатели предприятия.
55. Как влияет КЭ на срок службы электрооборудования?
56. Оцените экономическую целесообразность внедрения систем мониторинга КЭ.
57. Как стимулировать потребителей к использованию энергоэффективного оборудования, снижающего влияние на КЭ?
58. Опишите международный опыт стимулирования улучшения КЭ.

## 5.2. Темы письменных работ

1. Схемные решения по ограничению колебаний напряжения.
2. Технические средства, ограничивающие уровень колебаний: специальные синхронные компенсаторы.
3. Статические источники прямой компенсации и косвенной компенсации колебаний напряжения: СТАТКОМ, ТКРМ, СКУ, ИРМ, СТК и др.
4. Выбор параметров технических средств, ограничивающих размахи изменения напряжения

## 5.3. Фонд оценочных средств

1. Разработать схему системы мониторинга КЭ для промышленного предприятия. Обосновать выбор измеряемых параметров и точек измерений.
2. Провести анализ влияния нелинейной нагрузки на КЭ в электрической сети. Предложить меры по снижению гармонических искажений.
3. Смоделировать режим работы электрической сети с использованием устройств компенсации реактивной мощности. Оценить эффективность применения этих устройств.
4. Разработать технико-экономическое обоснование внедрения системы улучшения КЭ на промышленном предприятии.
5. Провести анализ причин и последствий провала напряжения в электрической сети. Предложить меры по предотвращению подобных ситуаций.
6. Разработать программу повышения КЭ для электроснабжающей организации.
7. Провести сравнительный анализ различных методов компенсации реактивной мощности.

8. Оценить влияние распределенной генерации на КЭ в электрической сети. Предложить методы регулирования напряжения в сети с распределенной генерацией.
9. Провести аудит КЭ на промышленном предприятии. Подготовить отчет с рекомендациями по улучшению КЭ.
10. Разработать методику расчета экономических потерь, связанных с низким КЭ.
11. Решить практическую задачу по выбору оборудования для улучшения КЭ с учетом технических и экономических факторов.
12. Описать технологию измерений и анализа показателей КЭ в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010, используя конкретные примеры.
13. Провести расчет влияния гармонических составляющих тока на потери электроэнергии в элементах электрической сети.
14. Разработать алгоритм управления системой компенсации реактивной мощности для поддержания заданного уровня напряжения в сети.
15. Предложить комплекс мер по снижению фликера, вызванного работой дуговой сталеплавильной печи.

#### 5.4. Перечень видов оценочных средств

1. Схемные решения по ограничению колебаний напряжения.
2. Технические средства, ограничивающие уровень колебаний: специальные синхронные компенсаторы.
3. Статические источники прямой компенсации и косвенной компенсации колебаний напряжения: СТАТКОМ, ТКРМ, СКУ, ИРМ, СТК и др.
4. Выбор параметров технических средств, ограничивающих размахи изменения напряжения

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

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

|         |                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| 6.3.1.1 | MS Windows 7 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013)            |
| 6.3.1.2 | MS Office Standard 2013 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013) |
| 6.3.1.3 | MS Office Standard 2007 (Номер лицензии 62693665 от 19.11.2013) |

##### 6.3.2 Перечень информационных справочных систем

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|     |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1 | Аудитория, в которой проводится занятия должна быть оснащена мультимедийным оборудованием (компьютер с доступом в «Интернет», проектор, колонки).                                                                                                     |
| 7.2 | В случае проведения процедуры сдачи зачетов с применением дистанционных образовательных технологий должно быть дополнительно обеспечено оборудование (видеокамера, микрофоны и проч.) для фиксации хода проведения аттестационного испытания.         |
| 7.3 | Для подготовки обучающимся предоставляются помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета. |

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Методы анализа и снижения. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
2. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 2007. – 527 с.
3. Карташев И.И., Хомяков В.И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. – М.: МЭИ, 2007. – 360 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Дьяков А.Ф. Энергетическая безопасность России. – М.: ИАЦ «Энергия», 2006. – 528 с.
6. Электроэнергетика. Учебник для вузов / Под ред. В.В. Елистратова. – М.: Высшая школа, 2008. – 583 с.

Интернет-ресурс:

1. Библиотека электрика (<https://www.elektro.ru/>)
2. Электронно-библиотечная система IPR BOOK (цифровой образовательный ресурс IPR SMART) (<https://www.iprbookshop.ru>)
3. Электронно-библиотечная система Лань (<https://e.lanbook.com>)