

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

Структурное подразделение «Брикс кафедры»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №15 от 18 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ / POWER QUALITY ASSESSMENT»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Возобновляемая энергетика / Renewable energy

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Карамов Дмитрий
Николаевич
Дата подписания: 11.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Киреенко Анна
Павловна
Дата подписания: 16.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Карамов
Дмитрий Николаевич
Дата подписания: 11.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Качество электрической энергии / Power Quality Assessment» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способен к выполнению работ по проектированию оборудования и технологической автоматики возобновляемой энергетики	ПК-2.3
ПК-5 Способен решать задачи организации конструкторских работ по проектированию и реконструкции оборудования, а также технологической автоматики возобновляемой энергетики	ПК-5.4

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.3	Умеет находить нестандартные решения задач в области качества электрической энергии, применять современные методы и средства исследования, эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов	Знать технические решения необходимые для улучшения показателей качества электрической энергии. Уметь применять методики оценки качества электрической энергии с последующим предложением технических решений. Владеть современными методиками и техническими средствами для реализации мероприятий по поддержанию и улучшению показателей качества электрической энергии для СЭС.
ПК-5.4	Знает современные естественнонаучные и прикладные задачи электроэнергетики в области качества электрической энергии, методы и средства их решения в научно-исследовательской, технологической деятельности	Знать основные показатели качества электрической энергии. Уметь анализировать показатели качества электрической энергии в СЭС. Владеть методами измерения и оценки показателей качества электрической энергии в СЭС.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Качество электрической энергии / Power Quality Assessment» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Имитационное моделирование в энергетике / Simulation in the energy sector», «Интеграция распределенной генерации в энергосистемы / Integration of distributed resources in power systems»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Возобновляемые энергоресурсы / Renewable energy sources», «Методология создания интеллектуальных энергетических систем / Design methodology of intelligent energy systems», «Проблемы развития и функционирования ЭЭС в современных условиях / Problems of development and functioning of electric power system under modern conditions», «Современные проблемы электроэнергетики и электротехники / Modern problems of power engineering and electrical engineering», «Тенденции развития электротехнического оборудования в энергетике / Development trends of electrical equipment in the energy sector»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	28	28
лекции	14	14
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	14	14
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 1

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Проблемы качества электрической энергии в электроэнергетик е. Законодательно- правовые документы по качеству электрической энергии.	1	4			1	2	2	6	Устный опрос
2	Изменения характеристик напряжения.	2	5			2, 3, 4	6	1, 1, 2	18	Устный опрос

	ухудшающие качество электрической энергии.									
3	Средства измерения качества электрической энергии. Контроль и мониторинг качества электрической энергии. Сертификация электрической энергии.	3	5			5	2	2, 3	12	Устный опрос
4	Решение задач по всем разделам дисциплины.					6	2	5	20	Решение задач
5	Решение специальных задач повышенной сложности.					7	2	4	24	Решение задач
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		14				14		116	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 1

№	Тема	Краткое содержание
1	Проблемы качества электрической энергии в электроэнергетике. Законодательно-правовые документы по качеству электрической энергии.	Современное состояние качества электрической энергии в электроэнергетике. Существующая законодательно-правовая база по качеству электрической энергии. Нормативно-техническое регулирование в области качества электрической энергии. Существующие проблемы в области качества электрической энергии. Задачи курса.
2	Изменения характеристик напряжения, ухудшающие качество электрической энергии.	ГОСТ 32144-2013, основные понятия. Изменения характеристик напряжения: отклонение частоты, медленные изменения напряжения, колебания напряжения, несимметрия трехфазной системы напряжений, несинусоидальность напряжения, напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям, прерывания напряжения, провал напряжения, перенапряжения, импульсное напряжение. Причины отклонения параметров напряжения от номинальных, последствия отклонений, технические мероприятия для их устранения.
3	Средства измерения качества электрической энергии. Контроль и	Современные средства измерения показателей качества электрической энергии. Виды контроля качества электрической энергии, пункты контроля

	мониторинг качества электрической энергии. Сертификация электрической энергии.	различных показателей качества электрической энергии. Виды мониторинга качества электрической энергии, автоматизированные системы непрерывного мониторинга. Сертификация электрической энергии: правила, мероприятия.
4	Решение задач по всем разделам дисциплины.	Решение задач по разделам предмета.
5	Решение специальных задач повышенной сложности.	Индивидуальные задания, задачи, расчетно-графические работы по разделам дисциплины.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 1

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	ГОСТ 32144-2013 - основной документ по качеству электрической энергии. Область применения, основные термины, определения, положения. Продолжительные изменения характеристик напряжения. Медленные изменения напряжения	2
2	Колебания напряжения. Несимметрия напряжений в трехфазных системах.	2
3	Несинусоидальность напряжения. Интергармоники.	2
4	Напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям. Отклонение частоты. Случайные события. Прерывания напряжения, провал напряжения, перенапряжение, импульсное напряжение.	2
5	Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения. Сертификация электрической энергии. Средства измерения показателей качества электрической энергии. Система управления качеством электрической энергии. Качество электрической энергии в интеллектуальных системах.	2
6	Решение задач по темам предмета.	2
7	Решение задач повышенной сложности.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 1

№	Вид СРС	Кол-во академических
---	---------	----------------------

		часов
1	Подготовка к контрольным работам	12
2	Подготовка к практическим занятиям	18
3	Подготовка презентаций	6
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	24
5	Решение специальных задач	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, компьютерные симуляции, кейс-технология, мозговой штурм, проект.

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

Студентам заранее назначается тема практического занятия, которую они должны изучить на основе лекционного материала, государственного стандарта и рекомендованной литературы. По теме практического занятия проводится семинар в диалоговом режиме или в форме групповой дискуссии, решаются задачи, соответствующие теме занятия, проводится анализ ситуации.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к практическим занятиям, выполнение презентаций, отчетов и рефератов.

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 семестр 1 | Устный опрос

Описание процедуры.

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть и задачи.

Примеры вопросов теоретической части задания.

- 1) Что такое колебания напряжения?
- 2) Показать на рисунке колебания напряжения.
- 3) Причины колебаний напряжения?
- 4) Что такое фликер?
- 5) Чем вреден фликер?

Критерии оценивания.

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

6.1.2 семестр 1 | Решение задач

Описание процедуры.

Выдаются персональные задания по рассматриваемой теме. Задания имеют теоретическую часть состоящую из трех вопросов и задачи.

Примеры вопросов.

- 1) Какие вопросы изучаются в курсе качество электрической энергии?
- 2) Что понимается под качеством электрической энергии?
- 3) Что такое электрическая энергия?
- 4) Как рассчитать электрическую энергию?
- 5) Написать выражения для мгновенных значений напряжения и тока

Критерии оценивания.

1) "Отлично" - все выполнено верно и без ошибок; 2) "Хорошо" - задачи решены верно, теоретическая часть и ответы на вопросы имеют неточности; 3) "Удовлетворительно" - имеются неточности в решении задачи и ответах; 4) "Неудовлетворительно" - все ответы не верны.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-2.3	Знает технические решения необходимые для улучшения показателей качества электрической энергии. Умеет применять методики оценки качества электрической энергии с последующим предложением технических решений. Владеет современными методиками и техническими средствами для реализации мероприятий по поддержанию и улучшению показателей качества электрической энергии для СЭС.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.
ПК-5.4	Знает основные показатели качества электрической энергии. Умеет анализировать показатели качества электрической энергии в СЭС. Владеет – методами измерения и оценки показателей качества электрической энергии в СЭС.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 1, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проходит в формате собеседования со студентом. К экзамену допускаются обучающиеся, которые выполнили практические работы. Оценивается понимание пройденного материала. Оценка производится по пятибалльной шкале. Знания, умения, владения обучающегося на экзамене оцениваются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Проверяется знание теоретического материала, наличие всех лекций и выполненных презентаций, пройденных тестов.

Экзамен проводится письменно по экзаменационным билетам.

Экзаменационный билет состоит из трех вопросов и задачи. В случае невыполнения критерия оценивания назначается дата пересдачи, но не более 2 раз с последующим опросом по всем темам дисциплины

Пример задания:

Перечень вопросов.

1. Понятие об электрической энергии, ее особые свойства.
2. Определение понятия “качество электрической энергии”.
3. Современное состояние качества электрической энергии.
4. ГОСТ 32144-2013, область применения, основные термины и определения.
5. Две группы характеристик напряжения электропитания для оценки качества электрической энергии.
6. Отклонение частоты: причины, показатель, нормы, последствия, технические мероприятия для поддержания частоты.
7. Медленные изменения напряжения: причины, показатель, нормы, последствия.
8. Технические мероприятия для выполнения нормативных требований по медленным изменениям напряжения.
9. Колебания напряжения, фликер: причины, показатели, нормы, последствия.
10. Технические мероприятия для уменьшения колебаний напряжения.
11. Несимметрия напряжений в трехфазных системах: причины, показатели, нормы, последствия.
12. Технические мероприятия для уменьшения несимметрии напряжений в трехфазных системах.
13. Несинусоидальность напряжения: причины, показатели, нормы, последствия.
14. Пассивные фильтры.
15. Активные фильтры и гибридные фильтры.
16. Увеличение пульсности выпрямительных преобразователей.
17. Напряжения сигналов, передаваемых по проводам.
18. Прерывания напряжения: причины, оценка прерываний напряжения, технические мероприятия для предотвращения прерываний напряжения.
19. Провал напряжения: причины, оценка провалов напряжения, классификация провалов напряжения, технические мероприятия для предотвращения провалов напряжения.
20. Перенапряжения: причины, характеристика перенапряжений, технические мероприятия для предотвращения перенапряжений.
21. Импульсные напряжения: причины, характеристика импульсных напряжений, технические мероприятия по предотвращению импульсных напряжений.
22. Контроль и мониторинг качества электрической энергии по ГОСТ 33073-2014.
23. Средства измерения показателей качества электрической энергии по ГОСТ Р 8-655-2009.
24. Сертификация электрической энергии.

25. Законодательно-правовые документы по качеству электрической энергии.

26. Нормативные документы по качеству электрической энергии._

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Оценка «Отлично» - Обучающийся рационально применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения при выполнении индивидуальных заданий.	Оценка «Хорошо» - Обучающийся применил изученные методы расчета с подробным обоснованием решения задач, но допустил незначительные ошибки.	Оценка «Удовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении индивидуальных заданий. Допустил ошибки.	Оценка «Неудовлетворительно» - Обучающийся применил изученные методы расчета, но не привел подробного обоснования решения при выполнении и защите индивидуальных заданий. Допустил грубые ошибки.

7 Основная учебная литература

1. Висящев А. Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие : в 2-х ч. Ч. 1 / А. Н. Висящев, 1997. - 186.

2. Висящев А. Н. Качество электрической энергии и электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах : учебное пособие : в 2-х ч. Ч. 2 / А. Н. Висящев, 1997. - 91.

3. Качество электрической энергии : программа курса, метод. указания и контрол. задания для заоч. формы обучения специальности 10.01 (ЭС) / Иркут. политехн. ин-т, 1993. - 16.

4. Качество электрической энергии : современное состояние, проблемы, предложения по их решению: монография / Р. Р. Бекбулатов [и др.]; отв. ред. Н. И. Воропай, 2017. - 219.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Суднова В. В. Качество электрической энергии / Суднова В. В., 2000. - 78.

2. Арзамасцев Д. А. Качество электрической энергии : учебное пособие по специальным курсам энергосистем для студентов очного и заочного обучения специальности 0301 "Электрические станции", 0302 "Электрические системы" / Д. А. Арзамасцев, В. Н. Казанцев, Ю. А. Бурков, 1978. - 45.

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 Python

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. лабораторный стенд ИИТ
2. лабораторный стенд ИИТ
3. комплект измерительный К505
4. 11658 Осциллограф С1-101У
5. 30442 Осциллограф С1-78
6. 311972 Осциллограф двухлучевой А-69
7. 185 Измерительный комплект К-506
8. 184 Измерительный комплект К-506
9. 178 Измерительный комплект К-506
10. 182 Источник питания УИП-1
11. 314650 Частотомер ГЗ-36
12. лабораторный стенд ИИТ
13. лабораторный стенд ИИТ
14. лабораторный стенд ИИТ
15. Комплект лабораторного оборудования "Качество электрической энергии в системах электроснабжения-3хфазная сеть" КЭЭСЭСТ1М-С-К (стендовое исполнение,компьютер.версия)
16. Комплект лабораторного оборудования "Качество электрической энергии в системах электроснабжения-однофазная сеть"(стендовое исполнение,компьютеризованная версия) КЭЭСЭСО1М-С-К