

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

Структурное подразделение «Электроснабжения и электротехники (140)»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электроснабжения и электротехники

Протокол №10 от 10 июня 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ»

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Электроснабжение

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Северина Яна Дмитриевна Дата подписания: 29.05.2026

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Шакиров Владислав Альбертович Дата подписания: 10.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

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

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-1 Способность к оформлению и представлению результатов выполненной научно-исследовательской работы в области профессиональной деятельности	ПКР-1.1
ПКС-1 Способность анализировать и принимать технические решения по проектированию, перевооружению и реконструкции систем электроснабжения	ПКС-1.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-1.1	Демонстрирует знания о проблеме качества электрической энергии в современных электроэнергетических системах и путях ее решения, а также знание правил оформления результатов научных исследований и разработок в виде отчётов и публикаций	Знать государственные стандарты разных стран, регламентирующие показатели качества электроэнергии Уметь производить расчёты установленных показателей качества электроэнергии для реальных режимов работы действующих электрических сетей Владеть методами анализа показателей качества электроэнергии
ПКС-1.2	Владеет методами измерения и оценки показателей качества электрической энергии в СЭС	Знать инструментальную приборную базу для измерения установленных норм качества электроэнергии Уметь производить расчеты установленных показателей качества Владеть программным обеспечением расчетов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Качество электроэнергии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Теоретические основы электротехники», «Физика», «Математика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Основы электроснабжения», «Системы электроснабжения»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ 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	Основные сведения об электромагнитной совместимости технических средств в системах электроснабжения	1	2							Устный опрос
2	Медленные изменения напряжения электропитания	2	4	1, 2, 3, 4	32			1, 2	60	Устный опрос
3	Быстрые изменения напряжения электропитания в системах электроснабжения	3	2							Устный опрос
4	Несбалансированные режимы работы систем электроснабжения	4	6							Устный опрос
5	Случайные события в электрических сетях систем	5	2							Устный опрос

	электроснабжени я									
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		32				60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные сведения об электромагнитной совместимости технических средств в системах электроснабжения	Терминологический словарь. Понятие электромагнитной совместимости. Историческая справка о качестве электроэнергии и ее обеспечении в системах электроснабжения. Динамика изменения государственных стандартов в разных странах.
2	Медленные изменения напряжения электропитания	Отклонение частоты напряжения электропитания. Нормы качества ЭЭ по установленному показателю. Причины возникновения, аналитическая оценка, методы расчёта. Влияние на работу электроэнергетических систем и энергетического оборудования. Способы минимизации отклонения частоты. Отклонение напряжения электропитания. Нормы качества ЭЭ по установленному показателю. Причины возникновения, аналитическая оценка, методы расчёта. Влияние на работу электроэнергетических систем и энергетического оборудования. Способы минимизации отклонения напряжения электропитания. Определение отклонения напряжения электропитания в удаленной точке электрической сети.
3	Быстрые изменения напряжения электропитания в системах электроснабжения	Основная терминология, понятие быстрых изменений напряжения электропитания. Причины возникновения быстрых изменений напряжения электропитания. Доза фликера и ее влияние на уровень безопасности рабочего персонала объектов хозяйственной деятельности. Одиночные и быстрые изменения напряжения электропитания и их влияние на работу технических средств. Методы и способы снижения влияния быстрых изменений напряжения электропитания на функциональную деятельность систем электроснабжения.
4	Несбалансированные режимы работы систем электроснабжения	Несимметрия напряжения электропитания. Причины возникновения, требования государственного стандарта, методы расчета. Воздействие несимметрии напряжений на качество, потери электроэнергии и уровень надежности электроснабжения и безопасность жизнедеятельности. Классификация способов и

		технических средств минимизации последствий несимметричных режимов. Несинусоидальные режимы работы в системах электроснабжения.
5	Случайные события в электрических сетях систем электроснабжения	Обоснование возникновения случайных событий, их характеристика. Влияние на уровень качества электрической энергии и надежности электроснабжения. Способы минимизации последствий. Приборная база регистрации показателей качества электроэнергии.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Встречное регулирование напряжения в однофазной и трехфазной сети	8
2	Регулирование напряжения в однофазной и трехфазной сети путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	8
3	Регулирование напряжения в однофазной и трехфазной сети путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи	8
4	Компенсация гармоник тока в однофазной и трехфазной сети с помощью фильтрокомпенсирующего устройства	8

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	30
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	30

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Эвристическая беседа со студентами

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Студентам заранее назначается тема лабораторной работы, которую они должны изучить на основе лекционного материала, рекомендованной литературы, сделать заготовку отчета по лабораторной работе, в соответствии с методическими указаниями. Перед началом лабораторной работы ответить на вопросы преподавателя в диалоговом режиме по теме лабораторной работы и процессу ее выполнения. После выполнения лабораторной работы подготовить отчет по ее результатам, сделать исследование и анализ полученных результатов.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Проработка лекционного материала с использованием курса лекций, дополнительной литературы и ресурсов Internet. Цель: закрепление лекционного материала, в том числе, для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам в аудитории. Задание на СРС: преподаватель дает тему, дополнительную литературу и ИНТЕРНЕТ ресурс для ГОСТов на качество электрической энергии: <http://docs.cntd.ru/document/>. Критерии оценки качества выполненной работы тестирование и итоговый зачет. Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям. Цель: закрепление содержания лекционного материала, на примерах решения задач и выполнении лабораторных работ на физических моделях. Задание на СРС: преподаватель дает тему практического занятия или лабораторной работы.

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 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: Опрос студентов в режиме диалога. Студенты отвечают на вопросы, предлагаемые преподавателем.

Тема № 1. Основные понятия, связанные с качеством электрической энергии. Состояние качества электрической энергии в России. Законодательно-правовые и нормативно-технические документы в области качества электрической энергии.

Вопросы для контроля: 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 6) Что такое мгновенная мощность? 7) Что такое активная мощность, имеет ли она физический смысл? 8) Какими параметрами характеризуется напряжение, вырабатываемое генератором? 9) Что является причиной искажения напряжения? 10) Электрическая энергия – товар, что это значит? 11) Какими документами подтверждено признание электрической энергии товаром? 12) Какими особыми свойствами обладает электрическая энергия, в том числе, с точки зрения качества?

13) Что означает термин “Техническое регулирование”? 14) Основные нормативно-технические документы по качеству электрической энергии? 15) Законодательно-правовые документы по качеству электрической энергии? 16) История вопроса качества электрической энергии в России? 17) Возможный ущерб от низкого качества электрической энергии? 18) Современное состояние качества электрической энергии в России и в мире?

19) Обеспечение качества электрической энергии – мера повышения эффективности

использования энергии и материальных ресурсов. 20) Какие проблемы с качеством электрической энергии возможны в интеллектуальных электроэнергетических системах? 21) Какие проблемы с качеством электрической энергии создают возобновляемые источники электрической энергии?

Тема № 2. ГОСТ 32144-2013 - основной документ по качеству электрической энергии.

Область применения, основные термины, определения, положения.

Вопросы для контроля: 1) Область применения ГОСТа 32144-2013. 2) Что устанавливает стандарт? 3) Что такое точка передачи электрической энергии? 4) Дать определение термину – пользователь электрической сети 5) Что понимается под качеством электрической энергии? 6) Что такое показатель качества электрической энергии? 7) Что такое норма для показателя? 8) Для каких режимов систем электроснабжения в стандарте установлены показатели и нормы? 9) На какие группы и по какому признаку делятся изменения характеристик напряжения, рассматриваемые при оценке качества электрической энергии? 10) Какие характеристики изменения напряжения относятся к первой группе? 11) Какие характеристики изменения напряжения относятся ко второй группе? 12) Каким образом должна проводиться оценка качества электрической энергии? 13) В каких стандартах изложены методы измерения показателей качества электрической энергии?

Тема № 3. Продолжительные изменения характеристик напряжения. Медленные изменения напряжения.

Вопросы для контроля: 1) Дать определение медленных изменений напряжения, 2) Проиллюстрировать рисунком медленные изменения напряжения, 3) Причины медленных изменений напряжения, 4) Показатели, характеризующие медленные изменения напряжения, 5) Дать характеристику напряжений, используемых в показателях – опорное напряжение, согласованное напряжение, измеренное напряжение, 6) В какой точке сети измеряются показатели для оценки медленных изменений напряжения, 7) Время измерения показателей для оценки медленных изменений напряжения, 8) Интервал измерения одного значения показателя, 9) Нормативные значения показателей, 10) Последствия медленных изменений напряжения, 11) Технические мероприятия для регулирования величины напряжения в сети. 12) Определить на какую величину возрастет напряжение на шинах низкого напряжения трансформатора после включения конденсатора в схему сети, состоящей из электрической системы, линии и трансформатора. Данные предоставляются преподавателем. 14) Построить статическую характеристику нагрузки батареи конденсаторов с параметрами, заданными преподавателем.

Тема № 4. Колебания напряжения.

Вопросы для контроля: 1) Что такое колебания напряжения? 2) Показать на рисунке колебания напряжения. 3) Причины колебаний напряжения? 4) Что такое фликер? 5) Чем вреден фликер? 6) Показатели для оценки колебаний напряжения? 7) В какой точке сети показатели должны измеряться? 8) На каком интервале времени измеряется одно значение показателя? 9) Нормативные значения показателей? 10) Последствия колебаний напряжения? 11) Технические мероприятия для снижения колебаний напряжения? 12) Определить величину колебаний напряжения в узле подключения спокойной нагрузки при питании спокойной (СН) и резко переменной (РН) нагрузок от одних и тех же шин и от разных трансформаторов. Данные представляются преподавателем.

Тема № 5. Несимметрия напряжений в трехфазных системах.

Вопросы для контроля: 1) Что понимается под несимметрией напряжений? 2) Причины

несимметрии напряжений? 3) Показатели характеризующие несимметрию напряжений? 4) В какой точке сети должны измеряться показатели? 5) Продолжительность измерения показателей? 6) Нормативные значения показателей, характеризующих несимметрию напряжений? 7) Каким образом определяются действующие значения напряжений обратной и нулевой последовательностей? 8) В чем суть метода симметричных составляющих? 9) Что такое комплексный оператор a ? 10) Возможные последствия несимметрии напряжений? 11) Технические мероприятия для снижения несимметрии напряжений?

Тема № 6. Несинусоидальность напряжения. Интергармоники.

Вопросы для контроля: 1) Какое напряжение можно назвать несинусоидальным? 2) Причины несинусоидальности напряжения? 3) Что такое вольтамперная характеристика электрооборудования? 4) Какая вольтамперная характеристика называется нелинейной? 5) Что называется гармонической составляющей напряжения? 6) Какие показатели характеризуют несинусоидальность напряжения? 7) В какой точке сети измеряют показатели? 8) Как долго нужно измерять показатели для оценки качества напряжения? 9) Нормы на величины показателей? 10) Какой метод применяют для вычисления гармонических составляющих напряжения? 11) Что такое интергармоника? 12) Источники интергармоник? 13) Потоки мощностей при несинусоидальных режимах? 14) Какие явления в сети влияют на величину напряжений гармоник? 15) Последствия несинусоидальности напряжений? 16) Последствия несинусоидальности токов? 17) Потоки мощностей при несинусоидальных режимах? 18) Технические мероприятия для снижения несинусоидальности напряжения? 19) Что такое пассивный фильтр? 20) Что такое активный фильтр? 21) Что такое гибридный фильтр? 22) Метод увеличения пульсности выпрямительных преобразователей? 22) Оценить возможность резонанса, как его избежать, если в сети 35 кВ должна быть установлена БК мощностью 6.2 Мвар в узле с мощностью короткого замыкания 750 МВА.

Тема № 7. Напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям. Отклонение частоты напряжения.

Вопросы для контроля: 1) Что такое напряжения сигналов? 2) На каких частотах передаются сигналы? 3) Назовите пример аппаратуры высокочастотной связи? 4) Показатель и нормативные значения, установленные на передаваемые сигналы? 5) Что такое частота напряжения? 6) Что является источником частоты напряжения в электрической системе? 7) Величина номинальной частоты напряжения в системе, как ее следует понимать? 8) Причины отклонения частоты напряжения от номинальной? 9) Показатель для оценки качества частоты напряжения? 10) В какой точке сети следует измерять показатель? 11) Как показатель должен измеряться? 12) Нормативные значения для показателя? 13) Последствия отклонения частоты? 14) Технические мероприятия для поддержания частоты?

Тема № 8. Случайные события. Прерывания напряжения, провал напряжения, перенапряжение, импульсное напряжение.

Вопросы для контроля: 1) Что такое случайные изменения характеристик напряжения? 2) Какие изменения характеристик к ним относятся? 3) Причины случайных событий? 4) Что такое прерывание напряжения? 5) Причины прерываний напряжения? 6) Классификация прерываний напряжения? 7) Что такое провал напряжения? 8) Причины провалов напряжения? 9) Оценка провалов напряжения? 10) Классификация провалов напряжения? 11) Технические мероприятия для предотвращения прерываний и провалов напряжения? 12) Что такое перенапряжение? 13) Причины перенапряжений? 14) Характеристика

перенапряжений? 15) Технические мероприятия для предотвращения перенапряжений? 16) Импульсные напряжения? 17) Причины импульсных напряжений? 18) Статистические данные по импульсным напряжениям?

Критерии оценивания.

Зачтено» – результаты обучения соответствуют основным требованиям. «Не зачтено» - результаты обучения не соответствуют основным требованиям, большая часть материала не усвоена.

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
ПКР-1.1	Зачтено - обучающийся правильно раскрывает основные понятия в области качества электроэнергии Не зачтено - обучающийся не раскрывает основные понятия в области качества электроэнергии	Устный опрос
ПКС-1.2	Зачтено - обучающийся раскрывает понятия об основных показателях качества электроэнергии и способах их измерения и расчетов Не зачтено - обучающийся не раскрывает понятия об основных показателях качества электроэнергии и способах их измерения и расчета	Устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

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.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2105.pdf>

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

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-9647.pdf>

3. 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.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2106.pdf>

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

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. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)
2. MathWorks_MatLabR2010b (Simulink - 30, SimPowerSystems - 30)_511547_eng
3. MATLAB Compiler concurrent AcademicEdition
4. MATLAB Builder for .NET concurrent AcademicEdition

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. монитор MAG LP-717 17"
2. Блок управления БУ-12-01
3. 316656 Монитор Vien Sonic E 655
4. Выключатель вакуумный VV-tel-1600
5. Выкатной элемент для ячейки К-59 VV-tel-1000
6. измеритель сопротивления ИС-10
7. Трансформатор лабор.ЛАТР
8. Компьютер P5B 2DUO E6X50/2GB/200GB/GF512Mb/FDD/DVDRW/Samsung LCD 19

9. 314540 AT386SX 33МН,1Мб,НDD40Мб FDD3,5 и 5,25 SVGA /SVGA512/

10. Шкаф лабораторный

11. Шкаф лабораторный