

**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

**«ИНТЕГРАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЫ /
INTEGRATION OF DISTRIBUTED RESOURCES IN POWER SYSTEMS»**

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: 12.06.2025

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: 12.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Интеграция распределенной генерации в энергосистемы / Integration of distributed resources in power systems» 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-2.7
ПК-4 Способен применять знания и умения полученных в процессе освоения программы обучения, для проектирования и составления конструкторской документации	ПК-4.2
ПК-5 Способен решать задачи организации конструкторских работ по проектированию и реконструкции оборудования, а также технологической автоматики возобновляемой энергетики	ПК-5.7
ПК-6 Способен прогнозировать режимы работы электроэнергетической сети с большой долей возобновляемых источников энергии	ПК-6.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.7	Проводит выбор конкретных типов устройств в зависимости от поставленных задач	Знать современные естественнонаучные и прикладные задачи электроэнергетики в области систем распределённой генерации методы и средства их решения в проектно-конструкторской, производственно- технологической деятельности. Уметь находить нестандартные решения профессиональных задач применять современные методы и средства в области систем распределённой генерации методы проектирования, подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических объектов. Владеть современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления представления и защиты результатов решения.
ПК-5.7	Проводит анализ интеграций	Знать современные средства и

	распределенной генерации в энергосистемы	методы интеграций распределенной генерации в энергосистемы. Уметь проводить выбор систем средства и методы интеграций. Владеть методиками расчёта необходимыми в области средств и методов интеграций.
ПК-4.2	Демонстрирует знание организации работ и управленческой деятельности при проектировании и эксплуатации интеграций распределенной генерации в энергосистемы	Знать современные средства и методы построения защит и управления распределённой генерацией а также методы интеграции распределённой генерации в энергосистемах с учетом особенностей современных систем управления электромеханическими преобразователями энергии. Уметь проводить выбор систем управления в области распределённой генерации и систем управления электрическими машинами, а также алгоритм построения защитной аппаратуры. Владеть методиками расчёта необходимыми в области систем защиты и управления электрическими машинами. Применение на практике полученной методологической базы для получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.
ПК-6.3	Демонстрирует знания по прогнозированию интеграций распределенной генерации в энергосистемы	Знать классификацию современной технологической базы производства электрической энергии и области их применения в системах распределённой генерации с учетом современных систем автоматизации. Уметь проводить выбор конкретных типов устройств в зависимости от поставленных задач, проводить технико-экономических анализ обеспечивающий оптимальный технического состава применять современные системы проектирования энергетических объектов. Владеть специализированными программными средствами проводить имитационное моделирования энергетических

		объектов с учётом особенностей систем распределённой генерации.
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Интеграция распределенной генерации в энергосистемы / Integration of distributed resources in power systems» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Аварийные режимы в электроэнергетических системах / Power system faults», «Аналоговые и цифровые системы измерений / Analogue and digital measurement systems», «Качество электрической энергии / Power Quality Assessment», «Силовая электроника / Power electronics», «Современные технологии генерации / Advanced technology in electrical power generation»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «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», «Методология создания интеллектуальных энергетических систем / Design methodology of intelligent energy systems»

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 № 2
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 № 2

№ 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	Роль системы электроснабжения, включающей распределённую генерацию, в мире и России, перспективы их развития.	1	2					1	6	Устный опрос
2	Способы построения и режимы работы системы электроснабжения, включающей распределённую генерацию.	2	2			1	2	1	6	Устный опрос
3	Технико-экономические характеристики систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию.	3	2			2, 3	4	1	6	Устный опрос
4	Способы повышения техникоэкономических характеристик систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию.	4	3			4	2	1, 2	8	Устный опрос
5	Способы построения систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию, с использованием ветровых и солнечных электростанций.	5	3			5, 6, 7	6	1	6	Устный опрос
6	Виртуальные электростанции.	6	2					1	6	Устный опрос
7	Решение задач по всем разделам дисциплины.							4	18	Решение задач
8	Решение специальных задач повышенной сложности.							3	24	Решение задач
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		14				14		116	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Роль системы электроснабжения, включающей распределённую генерацию, в мире и России, перспективы их развития.	Определение и структура распределенной энергетики. Виды распределенной энергетики и матрица критериев распределенной генерации в России. Роль распределенной энергетики в глобальной трансформации энергосистем. Динамика развития распределенной генерации в мире. Текущее состояние распределенной энергетики в России.
2	Способы построения и режимы работы системы электроснабжения, включающей распределённую генерацию.	Характеристики и состав систем электроснабжения. Режимы работ систем электроснабжения. Способы построения систем электроснабжения, включающей распределённую генерацию. Влияние распределенной генерации на режимы работы системы электроснабжения.
3	Технико-экономические характеристики систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию.	Технико - экономические расчёты систем электроснабжения. Учет технического состава системы распределенной генерации на технико - экономические показатели функционирования системы в целом.
4	Способы повышения техникоэкономических характеристик систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию.	Основные направления повышения эффективности. Требования, предъявляемые к системе электроснабжения с учетом распределённой генерации. Интеллектуальное управление и наблюдаемость электроэнергетических систем.
5	Способы построения систем электроснабжения, включающих распределённую генерацию, с использованием ветровых и солнечных электростанций.	Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики в России. Классификация и технический состав микроэлектростанций. Учет особенностей производства электроэнергии на ветровых и микроэлектростанциях при проектировании систем электроснабжения.
6	Виртуальные электростанции.	Основы концепции виртуальных электрических станций. Область примирения виртуальных электрических станций. Технологическая платформа и модели функционирования ВЭС. Основные принципы управления виртуальной электростанцией. Примеры внедрения.
7	Решение задач по всем разделам дисциплины.	Решение задач по разделам предмета.
8	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 № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Оценка энергоэффективности автономного комплекса энергоснабжения.	2
2	Расчет режимов работы систем электроснабжения, включающих распределенную генерацию.	2
3	Типы источников распределенной генерации и их характеристики.	2
4	Алгоритмы расчета технико - экономической эффективности систем электроснабжения.	2
5	Имитационное моделирование ветроэлектростанции.	2
6	Имитационное моделирование газотурбинной электростанции.	2
7	Имитационное моделирование распределенной системы электроснабжения.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	36
2	Подготовка презентаций	2
3	Расчетно-графические и аналогичные работы	24
4	Решение специальных задач	18

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 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

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

Примеры вопросов:

1. Перечислите основные характеристики ветроэнергетического кадастра.
2. Структура капитальных вложений в ВЭС.
3. Перечислите основные факторы, влияющие на себестоимость производства электроэнергии на ВЭС.

Задача: выполнить расчет выходной мощности фотоэлектрической системы 2 МВт. При интенсивности солнечного излучения 700 Вт/м².

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 2 | Решение задач

Описание процедуры.

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

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-2.7	Знает современные	Устное

	<p>естественнонаучные и прикладные задачи электроэнергетики в области систем распределённой генерации методы и средства их решения в проектно-конструкторской, производственно-технологической деятельности. Умеет находить нестандартные решения профессиональных задач применять современные методы и средства в области систем распределённой генерации методы проектирования, подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических объектов. Владеет современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления представления и защиты результатов решения.</p>	<p>собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.</p>
ПК-5.7	<p>Знает современные средства и методы интеграций распределенной генерации в энергосистемы. Умеет проводить выбор систем средства и методы интеграций. Владеет методиками расчёта необходимыми в области средств и методов интеграций.</p>	<p>Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.</p>
ПК-4.2	<p>Знает современные средства и методы построения защит и управления распределённой генерацией а также методы интеграции распределённой генерации в энергосистемах с учетом особенностей современных систем управления электромеханическими преобразователями энергии. Умеет проводить выбор систем управления в области распределённой генерации и систем управления электрическими машинами, а также алгоритм построения защитной аппаратуры. Владеет методиками расчёта необходимыми в области систем защиты и управления электрическими машинами. Применение на практике полученной методологической базы для получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.</p>	<p>Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.</p>
ПК-6.3	<p>Занет классификацию современной технологической базы производства</p>	<p>Устное собеседование по</p>

	<p>электрической энергии и области их применения в системах распределённой генерации с учетом современных систем автоматизации. Умеет проводить выбор конкретных типов устройств в зависимости от поставленных задач, проводить технико-экономических анализ обеспечивающий оптимальный технического состава применять современные системы проектирования энергетических объектов. Владеет специализированными программными средствами проводить имитационное моделирование энергетических объектов с учётом особенностей систем распределённой генерации.</p>	<p>теоретическим вопросам и выполнение практических заданий и/или лабораторных работ.</p>
--	--	---

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, 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:

Примеры вопросов к экзамену:

1. Классификация возобновляемых источников энергии.
2. Схемы согласования возобновляемых источников энергии с потребителями.
3. Что такое валовой, технический и экономический потенциалы?
4. Дать определение понятию капитальные вложения.
5. Экономический смысл понятия чистая приведенная стоимость проекта.
6. Как определяется индекс рентабельности инвестиций?
7. Внутренняя норма рентабельности проекта должна быть больше ставки рефинансирования центрального банка или меньше?
8. Какой срок окупаемости больше, простой или дисконтированный?
9. Опишите назначение ВЭУ и принцип ее работы.
10. Как определяется энергия и мощность воздушного потока?
11. Укажите характерные рабочие скорости ветра ВЭУ.

12. Как определить мощность ВЭУ?
13. Перечислите основные характеристики ветроэнергетического кадастра.
14. Структура капитальных вложений в ВЭС.
15. Перечислите основные факторы, влияющие на себестоимость производства электроэнергии на ВЭС.
16. Как снизить себестоимость производства электроэнергии на ВЭС?
17. Как влияет количество часов использования установленной мощности на себестоимость производства электроэнергии на ВЭС?
18. Какие барьеры необходимо преодолеть для массового внедрения ВЭС на вашей территории?
19. Дать определение понятию инфляция.
20. Что такое риск и как его учитывают в инвестиционных проектах?
21. Назовите основных отечественных производителей ВЭУ.
22. Что необходимо предпринять что бы улучшить технико-экономические показатели выпускаемых ВЭУ.
23. На какие проекты по вашему мнению должна быть направлена государственная поддержка использования ВЭС в России?
24. Опишите достоинства и недостатки малой гидроэнергетики.
25. Какие схемы используют на ГЭС для создания напора?
26. Какие турбины используют на малых ГЭС?
27. Как определяется мощность и энергия ГЭС за определенный период времени?
28. Опишите принцип работы ГАЭС.

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. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин, 2012. - 227,[1].
2. Возобновляемые источники энергии: Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика / Res Electricae Magdeburgenses Magdeburger Forum zur Elektrotechnik, 2010. - 211.
3. Баскаков А. П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебник для студентов вузов по направлению подготовки 140100 - "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Баскаков, 2013. - 365.

4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие при подготовке бакалавров по направлению 140000 "Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника", 022000 "Экология и природопользование" / В. В. Денисов [и др.]; под ред. В. В. Денисова, 2015. - 318.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Возобновляемые источники энергии для индивидуального жилого дома : метод. указания по выполнению курсового проекта : для специальностей 270109 "Теплоснабжение и вентиляция" ... / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 30.

2. Гидроэлектростанции малой мощности : учеб. пособие для вузов по специальности 140202 "Нетрадиц. и возобновляемые источники энергии"... / А. Е. Андреев [и др.] ; под ред. В. В. Елистратова, 2005. - 431.

3. Абдрахманов Равиль Салихович. Ветроэнергетические установки и станции : учеб. пособие по курсу "Проектирование и эксплуатация установок нетрадиц. и возобновляемой энергетики": [Для вузов по специальности 100900 "Нетрадиц. и возобновляемые источники энергии" направления 650900 "Электротехника"] / Р. С. Абдрахманов, А. В. Якимов, Ю. Г. Назмеев, 2003. - 65.

4. Абдрахманов Равиль Салихович. Климатические ресурсы ветра северных регионов и Дальнего Востока России и эффективность их использования в ветроэнергетике: (Справ. материалы) : метод. пособие по курсовому и диплом. проектированию для вузов по специальности "Нетрадиц. и возобновляемые источники энергии" / Р. С. Абдрахманов, А. В. Якимов, Ю. Г. Назмеев, 2003. - 110.

5. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии : [аналитический альбом] / Всерос. науч.-исслед. ин-т природ. газов и газовых технологий, Науч.-консультатив. АО-фирма "Энергосбережение" по рационализации использ. и экономии топлив.-энергет. ресурсов, 1996. - 211.

6. Твайделл Джон. Возобновляемые источники энергии / Джон Твайделл; Перевод с англ. (и предисл.) В. А. Коробкова, 1990. - 390.

7. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Технология использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / Р. Б. Ахмедов, 1987. - 174.

8. Возобновляемые источники энергии / [Редкол.: Б. И. Казанджан (гл. ред.) и др.], 1990. - 223.

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. Доска аудиторная ДА-За
2. Доска аудиторная ДА-За
3. Ком-т лаб.обор." Умная местная распределительная электрическая сеть" УМРЭС1-С-К(стендовое исполнение,компьютер-ая версия)
4. Комплект лабораторного оборудования "Приборный учет потребления электрической энергии-автоматизированная система контроля и учета электроэнергии" ПУПЭЭ1-АСКУЭ-С-К (стендовое исполнение,компьютер.версия)
5. Демонстрационный стенд
6. Двухсторонний информационный стенд
7. Устройство испытательное РЕТОМ-21
8. Двухсторонний информационный стенд
9. Прибор Ресурс ПКЭ 1.7-оэ-А, с комплектом измерительных проводов
10. Рама для солнечной батареи
11. Рама для солнечной батареи
12. Модуль солнечной батареи 120Вт
13. Модуль солнечной батареи 80Вт
14. Аморфная панель ВЕКAR 100-105
15. Модуль солнечной батареи 235Вт
16. Модуль солнечной батареи 235Вт
17. Система информационно-электроизмерительная