**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

«ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ / INTEGRATED ENERGY SYSTEMS»

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Современные технологии электроэнергетики / Power Electrical Engineering

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Карамов Дмитрий
Николаевич
Дата подписания: 03.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Киреенко Анна
Павловна
Дата подписания: 03.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Карамов
Дмитрий Николаевич
Дата подписания: 03.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Интегрированные энергосистемы / Integrated Energy Systems» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-3 Способность выполнять работы по диагностике, ремонту силового и вспомогательного оборудования	ПКС-3.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-3.2	Демонстрирует знания по объединению ряда энергоносителей в единую систему	Знать Технические решения по перевооружению и реконструкции энергетических систем; подходы к созданию интегрированных энергетических систем с различными видами энергоносителей. Уметь Анализировать и разрабатывать технические решения по перевооружению и реконструкции энергетических систем; применять подходы к созданию интегрированных энергетических систем с различными видами энергоносителей. Владеть Знаниями о способах перевооружения и реконструкции объектов энергетических систем; знаниями о подходах к созданию интегрированных энергетических систем с различными видами энергоносителей и особенностях применения этих подходов на практике.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Интегрированные энергосистемы / Integrated Energy Systems» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Введение в профессиональную деятельность / Introduction into Professional Activities», «Теоретические основы электротехники / Theoretical Foundations of Electrical Engineering», «Общая энергетика / General Energy Issues», «Электрические машины / Electric Machines», «Электроэнергетические системы и сети / Electric Power Systems and Networks», «Надёжность электроэнергетических систем / Reliability of electric power systems», «Качество электрической энергии / Quality of electrical energy», «Электрические станции и

подстанции / Power Stations and Substations», «Проектирование электроустановок подстанций / Designing of Electrical Substations», «Основы электроснабжения / Basics of Electricity Supply», «Энергоснабжение / Energy Supply»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: эксплуатационная практика / Company Internship 3», «Производственная практика: преддипломная практика / Undergraduate Practice»

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 № 8
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	56	56
лекции	28	28
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	28	28
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	88	88
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 № 8

№ 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	Тенденции формирования новой парадигмы современных энергетических систем.	1	4			1	2	2	3	Устный опрос
2	Особенности современных энергетических систем.	2	4			2	2	2, 4	16	Устный опрос
3	Технологии современных	3	4			3	2	2, 3	7	Устный опрос

	энергетических систем.									
4	Виды интегрированных энергетических систем.	4	4			4	2	2, 3	7	Устный опрос
5	Математическое и компьютерное моделирование интегрированных энергетических систем.	5	4			5	2	1, 2	7	Устный опрос
6	Управление функционированием интегрированных энергетических систем.	6	4			6	2	2	3	Устный опрос
7	Управление развитием интегрированных энергетических систем.	7	4			7	2	2	3	Устный опрос
8	Решение задач по всем разделам дисциплины.					8	7	5	19	Решение задач
9	Решение специальных задач повышенной сложности.					9	7	1, 5	23	Решение задач
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		28				28		88	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Тенденции формирования новой парадигмы современных энергетических систем.	Энергетика развитых стран мира переживает в настоящее время смену технологической парадигмы. Она предполагает повышение роли потребителей, снижение приоритета централизованного управления и поиск компромиссных решений.
2	Особенности современных энергетических систем.	Расширение прав и возможностей потребителей по управлению свои энергопотребления; повышение безопасности систем энергоснабжения за счет применения средств интеллектуального мониторинга и управления; возможность потребителям создавать собственные условия комфортного проживания, получать ощущение своего присутствия в другом времени и пространстве (месте) с помощью умных систем; эффективное использование энергоресурсов; улучшение эффективности систем

		энергоснабжения и способности быстро восстанавливаться благодаря использованию инновационных средств измерений, управления, а также методов анализа и современных энергетических технологий; интеграция возобновляемых и распределенных энергетических ресурсов.
3	Технологии современных энергетических систем.	Виртуальные электростанции образуются путем сочетания энергоблоков децентрализованной генерации, хранения и потребления электроэнергии, находящихся в конкретных районах энергоснабжения. Описание возможностей различных технологий, попадающих под категории распределенной генерации энергии. Системы накопления энергии могут рассматриваться сегодня в качестве нового средства для адаптации колебаний графика потребления мощности к заданному уровню генерации мощности. Коммуникационные технологии и поддерживающая их инфраструктура. Активные потребители.
4	Виды интегрированных энергетических систем.	Интеграция систем рассматривается в трех аспектах: - системном, представляющим объединение систем по их типам, включает системы электро-, тепло/холодо- и газоснабжения, в каждом конкретном случае они могут быть интегрированы все или их отдельные представители; - пространственно-масштабном, отражающим масштаб систем; - функциональном, определяющим вид деятельности системы (ее назначение), в их числе: энергетические (технологические); управления и др.
5	Математическое и компьютерное моделирование интегрированных энергетических систем.	Существуют два следующих направления в моделировании интегрированных энергетических систем: 1) традиционное при использовании систем уравнений; 2) на основе применения концепции энергетического хаба, представляемого системой уравнений в матричном виде, которая связывает входные переменные энергетического хаба с его выходными переменными.
6	Управление функционированием интегрированных энергетических систем.	Основополагающее значение имеют вопросы моделирования энергетических систем как объекта управления. Решение задач управления функционированием направлено на обеспечение необходимыми объемом, надежностью энергоснабжения и качеством потребляемой энергии потребителями при удовлетворении физико-технических условий функционирования системы и выполнении ограничений на режимные параметры с минимизацией эксплуатационных затрат. Применение иерархического

		моделирования обеспечивает возможность исследования различного по масштабам систем. Принципы применения цифровых технологий.
7	Управление развитием интегрированных энергетических систем.	Математические модели, используемые при решении задач управления развитием энергетических систем, можно разделить на следующие две группы: детерминированные модели и стохастические модели. В детерминированных моделях все необходимые переменные определены для расчета затрат в развитие системы. Стохастические модели используются для описания различных элементов неопределенностей при решении задач управления развитием энергетических систем.
8	Решение задач по всем разделам дисциплины.	Решение задач по разделам предмета.
9	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 № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Современный этап развития энергетических систем.	2
2	Актуальные вопросы развития энергетических систем.	2
3	Возобновляемые источники энергии, силовая электроника и накопители энергии.	2
4	Типы интегрированных энергетических систем.	2
5	Моделирования интегрированных энергетических систем.	2
6	Задачи функционирования в интегрированных энергетических системах.	2
7	Задачи развития в интегрированных энергетических системах.	2
8	Решение задач по темам предмета.	7
9	Решение задач повышенной сложности.	7

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 8

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

1	Подготовка к контрольным работам	8
2	Подготовка к практическим занятиям	21
3	Подготовка презентаций	8
4	Расчетно-графические и аналогичные работы	13
5	Решение специальных задач	38

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, профессионального 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.

Задание на практические работы:

- Условия задач по соответствующей теме выдаются обучающимся в начале занятия;
- Для более успевающих обучающихся предусматриваются дополнительные задания повышенной сложности.

Требования по выполнению заданий:

- Все задачи следует решать подробно. Ход решения задачи должен быть расположен в логическом порядке.
- Графическую часть можно выполнять от руки в соответствии с данными условиями. Если рисунок требует точного выполнения, то следует пользоваться соответствующими программными средствами.
- Решение каждой задачи должно быть доведено до окончательного ответа, которого требует условие.

Ход занятия:

- Повторение соответствующего теоретического материала, который был рассмотрен на лекции. Обучающийся должен иметь при себе конспект лекций.
- Решение студентами типовых задач под контролем и с пояснениями преподавателя.
- Самостоятельное решение задач. Преподаватель контролирует процесс, при необходимости консультируя обучающихся, добиваясь, чтобы каждый обучающийся включился в практическую работу.
- В конце занятия преподаватель анализирует работу обучающихся и оценивает их работу.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

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

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 8 | Устный опрос

Описание процедуры.

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

Примеры вопросов:

1. Тенденции формирования интегрированных энергетических систем.
2. Основные требования к современным энергетическим системам.
3. Эффективное использование энергоресурсов.
4. Формирование инновационной энергетики.
5. Трехуровневая структура интегрированных энергетических систем.

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 8 | 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
ПКС-3.2	Выбирает и применяет технические решения по перевооружению и реконструкции энергетических систем, а также имеет представление о подходах к созданию интегрированных энергетических систем с различными видами энергоносителей.	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 8, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проходит в формате собеседования со студентом. Оценивается понимание пройденного материала. Оценка производится по пятибалльной шкале. Знания, умения, владения обучающегося на экзамене оцениваются оценками: «зачтено», «не зачтено». Проверяется знание теоретического материала, наличие всех лекций и выполненных презентаций, пройденных тестов. Зачет проводится письменно по билетам. Билет состоит из двух 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 для зачета.

1. Тенденции формирования интегрированных энергетических систем.
2. Основные требования к современным энергетическим системам.
3. Эффективное использование энергоресурсов.
4. Формирование инновационной энергетики.
5. Трехуровневая структура интегрированных энергетических систем.
6. Принципы применения цифровых технологий для интегрированных энергетических систем.
7. Математические модели, используемые при решении задач управления развитием интегрированных энергетических систем.
8. Выбор рациональной структуры генерации энергии.
9. Технологическая структура виртуальной электростанции.
10. Применение иерархического моделирования для исследования интегрированных энергетических систем.
11. Системы активного энергопотребления.
12. Генерирующие технологии.
13. Технологии накопления энергии.
14. Информационно-коммуникационные технологии.
15. Технологии транспорта энергоносителей.
16. Подходы к синтезу моделей энергосистем.
17. Модель энергетического хаба.
18. Компьютерное моделирование интегрированных энергетических систем.

-

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения.	Результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям.

7 Основная учебная литература

1. Воропай Н. И. Надежность систем электроснабжения : конспект лекций / Н. И. Воропай, 2006. - 205.

2. Воропай Н. И. Методические указания по практическим работам по курсу "Теория систем" / Воропай Н. И., 2002. - 17.
3. Воропай Н. И. Теория систем для электроэнергетиков : учеб. пособие для электроэнергет. специальностей / Н. И. Воропай, 2000. - 272.
4. Савина Н. В. Системный анализ потерь электроэнергии в электрических распределительных сетях : монография / Н. В. Савина; отв. ред. Н. И. Воропай, 2008. - 224.
5. Воропай Н. И. Надежность систем электроснабжения : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника" / Н. И. Воропай, 2015. - 206.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Иерархическое моделирование систем энергетики : монография / ред.: Н. И. Воропай, В. А. Стенников, 2020. - 314.
2. 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.
3. Твайделл Джон. Возобновляемые источники энергии / Джон Твайделл; Перевод с англ. (и предисл.) В. А. Коробкова, 1990. - 390.
4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Технология использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / Р. Б. Ахмедов, 1987. - 174.
5. Возобновляемые источники энергии / [Редкол.: Б. И. Казанджан (гл. ред.) и др.], 1990. - 223.
6. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин, 2010. - 227.
7. Сибикин Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин, 2012. - 227,[1].
8. Возобновляемые источники энергии: Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика / Res Electricae Magdeburgenses Magdeburger Forum zur Elektrotechnik, 2010. - 211.

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. Ком-т лаб.обор." Умная местная распределительная электрическая сеть" УМРЭС1-С-К(стендовое исполнение,компьютер-ая версия)
2. Комплект лабораторного оборудования "Умный счетчик электрической энергии"(стендовое исполнение,компьютеризованная версия) УСЭЭ1-С-К
3. Ком-т лаб.обор."Электромонтажный стол" ЭМС2-С (стендовое исполнение)
4. Демонстрационный стенд
5. Двухсторонний информационный стенд