

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

Структурное подразделение «Электроснабжения и электротехники»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры электроснабжения и электротехники

Протокол №12 от 18 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ»

Направление: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Интеллектуальные системы электроснабжения

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Шамарова Наталия
Андреевна
Дата подписания: 05.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Шакиров
Владислав Альбертович
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Пионкевич
Владимир Андреевич
Дата подписания: 08.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Ёмкостные накопители электрической энергии» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способен проводить и осуществлять научно-исследовательские, проектные и опытно-конструкторские работы	ПК-1.3
ПК-3 Способен решать производственно-технические задачи по реконструкции оборудования интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-3.12
ПК-5 Способен прогнозировать свойства и поведение объектов интеллектуальных систем электроснабжения	ПК-5.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.3	Проводит исследования и анализ нормальных и аварийных режимов работы ёмкостных накопителей	Знать Принципы работы различных типов накопителей энергии, основные параметры и характеристики накопителей, режимы работы накопителей, методы моделирования и анализа поведения накопителей, требования безопасности при работе с накопителями, методики проведения лабораторных исследований и испытаний. Уметь Проводить измерения и сбор данных, анализировать режимы работы накопителей, выполнять моделирование и имитацию, обрабатывать результаты исследований, интерпретировать техническую документацию, формулировать рекомендации по предотвращению аварийных ситуаций. Владеть Методами и средствами экспериментальных исследований, методами обработки и анализа данных, навыками компьютерного моделирования, терминологией, навыками безопасной работы.
ПК-3.12	Осуществляет отдельные работы по эксплуатации ёмкостных накопителей	Знать Принципы включения НЭЭ в энергосистемы, схемы подключения в энергосистему. Алгоритмы

	электрической энергии	управления и стратегии эксплуатации НЭЭ. Эксплуатационные характеристики и деградацию. Системы безопасности и защиты. Нормативно-правовую базу. Окружающую среду и утилизацию. Уметь Уметь проводить тестовые испытания на накопителях электрической энергии для оценки эксплуатационных параметров накопителей Владеть Владеть специализированными программными средствами для обработки тестовых данных
ПК-5.7	Демонстрирует знания по прогнозированию свойств и поведения ёмкостных накопителей электрической энергии	Знать методы и модели моделирования и прогнозирования работы накопителей электрической энергии. Уметь проводить расчет параметров и построение математической модели накопителей электрической и энергии и их работы в составе в системах распределенной генерации. Владеть специализированными программными средствами для моделирования и прогнозирования параметров накопителей электрической энергии в составе в системах распределенной генерации.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Ёмкостные накопители электрической энергии» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Современные технологии генерации», «Аварийные режимы в электроэнергетических системах»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Методология создания интеллектуальных энергетических систем»

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 № 2

Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	28	28
лекции	0	0
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	28	28
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
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 № 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	Основная терминология. Стандарты.									
2	Основные типы накопителей электрической энергии							1	16	Реферат
4	Нормальные и аварийные режимы работы НЭЭ.					2	8	2	20	Отчет
5	Методы моделирования накопителей электрической энергии и методы оценки их параметров.					1, 3, 4, 5	20	2	30	Отчет
6	Мобильные системы хранения энергии. Технология сетевого хранения электроэнергии в аккумуляторах электромобилей. Электромобиль-сеть.							2	14	Отчет
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего						28		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Основная терминология. Стандарты.	Основная терминология. Национальные стандарты РФ в области накопления электрической энергии.
2	Основные типы накопителей электрической энергии	Принцип действия, устройство, ключевые компоненты (электроды, электролит, сепаратор, корпус, система управления и т.д.). Основные характеристики: удельная энергия/мощность, КПД, срок службы (циклический/календарный), саморазряд, стоимость. Области применения и ограничения каждого типа (литий-ионные, свинцово-кислотные, проточные, суперконденсаторы, маховики, CAES и др.).
4	Нормальные и аварийные режимы работы НЭЭ.	Алгоритмы заряда и разряда для разных типов накопителей (CC-CV, IU, и др.), их влияние на срок службы и эффективность. Зависимость характеристик (емкость, напряжение, внутреннее сопротивление) от тока, температуры, степени заряда (SoC), состояния здоровья (SoH). Работа в составе энергосистемы/установки: стабилизация мощности/частоты, сглаживание колебаний, обеспечение резерва. Виды аварийных режимов: перезаряд, переразряд, короткое замыкание (внешнее/внутреннее), перегрев (тепловой разгон), механические повреждения, нарушение герметичности. Причины возникновения каждого типа аварии. Физические и химические процессы, происходящие при аварии (деградация материалов, газовыделение, повышение давления/температуры, возгорание, взрыв). Последствия аварий: деградация/разрушение накопителя, выход из строя сопряженного оборудования, пожарная и экологическая опасность, риск для персонала.
5	Методы моделирования накопителей электрической энергии и методы оценки их параметров.	Типы моделирования. Основные параметры, учитываемые при моделировании. Методы оценки параметров. Программные средства моделирования. Практическое применение моделирования.
6	Мобильные системы хранения энергии. Технология сетевого хранения электроэнергии в аккумуляторах	Технология сетевого хранения электроэнергии в аккумуляторах электромобилей, концепция динамической зарядки, или «Электромобиль-сеть» — Vehicle-to-grid (V2G). Использование электромобилей и гибридных электромобилей для создания виртуальных систем хранения энергии,

	электромобилей. Электромобиль-сеть.	подключенных к общей сети.
--	--	----------------------------

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	Исследование остаточной емкости НЭЭ	4
2	Исследование состояния заряда литий-ионных аккумуляторных батарей методом напряжения холостого хода	8
3	Исследование внутреннего сопротивления аккумуляторных батарей	4
4	Исследование модели аккумуляторных батарей на основе эквивалентных электрических схем	8
5	Типовая модель батареи для динамической симуляции гибридных электромобилей	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	16
2	Подготовка к практическим занятиям	64

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дебаты, работа в малых группах

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

<https://el.istu.edu/course/view.php?id=7801>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

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 | Реферат

Описание процедуры.

Этапы выполнения реферата:

Выбор темы:

Тема реферата определяется преподавателем или выбирается студентом самостоятельно в рамках изучаемой дисциплины (например, «Накопители электрической энергии»).

Тема должна быть актуальной и соответствовать целям освоения дисциплины.

Поиск и анализ литературы:

Студент собирает информацию из научных статей, учебников, нормативных документов, технических журналов, интернет-ресурсов и других источников.

Выбираются достоверные и авторитетные источники (не менее 5–7).

Подготовка текста реферата:

Реферат оформляется в соответствии с установленными требованиями (объем, структура, оформление ссылок и список литературы).

Объем реферата — от 10 до 15 страниц печатного текста.

Структура реферата:

Титульный лист

Оглавление

Введение (актуальность, цель, задачи)

Основная часть (анализ проблем, описание технологий, примеры применения и т.п.)

Заключение (выводы, перспективы развития)

Список использованных источников

Представление и защита реферата:

Реферат может быть представлен в письменной форме и/или защищен в устной форме перед преподавателем или комиссией.

Защита проводится в виде краткого доклада (5–10 минут) с использованием презентации.

Критерии оценивания.

Оценка «5» : Реферат выполнен в полном объеме с соблюдением всех требований, содержит глубокий анализ и самостоятельные выводы, представлен качественный список источников.

Оценка «4» : Работа выполнена в целом правильно, но имеются незначительные недочеты в структуре, анализе или оформлении.

Оценка «3» : Работа выполнена с нарушением требований, материал изложен поверхностно, список источников минимальный или оформлен некорректно.

6.1.2 семестр 2 | Отчет

Описание процедуры.

Цель отчета:

Отчет по практическому занятию является формой фиксации и анализа выполненной работы, позволяющей оценить уровень усвоения практических навыков, понимание теоретических основ и способность применять знания на практике.

Этапы подготовки отчета:

Выполнение практической работы под руководством преподавателя.

Сбор и обработка экспериментальных данных .

Анализ результатов и формулировка выводов .

Оформление отчета в соответствии с установленными требованиями.

Общие требования к отчету:

Отчет должен быть выполнен аккуратно и понятно.

Объем — от 3 до 10 страниц печатного текста.
 Оформляется после каждого практического занятия.
 Может содержать графики, таблицы, схемы, расчеты.
 Структура отчета:
 Тема практической работы
 Цель работы
 Краткое описание теоретических основ
 Используемое оборудование и ПО
 Порядок выполнения работы
 Результаты измерений и расчетов (таблицы, графики)
 Анализ результатов
 Выводы по работе
 Ответы на контрольные вопросы (если предусмотрены)

Критерии оценивания.

Оценка «5» : Отчет выполнен в полном объеме, с соблюдением всех требований. Все расчеты точны, сделаны грамотные и аргументированные выводы.

Оценка «4» : Отчет составлен правильно, но допущены незначительные ошибки или недочеты в оформлении либо анализе.

Оценка «3» : Отчет содержит существенные недостатки: пропущены разделы, ошибки в расчетах, слабый анализ и выводы.

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-1.3	Зачтено: отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения. Не зачтено: результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий.
ПК-3.12	Зачтено: отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения. Не зачтено: результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических заданий.
ПК-5.7	Зачтено: отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владения. Не зачтено: результаты обучения не соответствуют минимальным требованиям.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и выполнение практических

		заданий.
--	--	----------

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет по курсу проводится в письменной или устной форме. Билет содержит теоретические вопросы.

Если оценка ответа на зачете не совпадает с предварительной оценкой, то результирующая оценка выставляется после дополнительного устного собеседования.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Результаты обучения соответствуют основным требованиям отличные (или хорошие, или удовлетворительные) знания, умения и владения. Согласно разделам дисциплины.	Результаты обучения не соответствуют основным требованиям, большая часть материала не усвоена

7 Основная учебная литература

1. Бут Д. А. и др. Накопители энергии. – Энергоатомиздат, 1991.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Накопители энергии : учеб. пособие для электроэнерг. и электромех. спец. вузов / Дмитрий Александрович Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич, 1991. - 398.

2. Астахов Ю. Н. Накопители энергии в электрических системах : учеб. пособие для электроэнерг. специальностей вузов / Ю. Н. Астахов, В. А. Веников, А. Г. Тер-Газарян, 1989. - 158.

3. Гулиа Н. В. Накопители энергии / Н. В. Гулиа, 1980. - 151.

4. Аккумуляторные батареи: Эксплуатация, техн. обслуживание и ремонт / Гос. науч.-исслед. ин-т автомобил. трансп., 1970. - 195.

5. Курзуков Н. И. Аккумуляторные батареи : крат. справ. / Н. И. Курзуков, В. М. Ягнятинский, 2003. - 88 с.

6. Вайнштейн Лев Лазаревич. Испытание свинцовых стартерных аккумуляторных батарей : учеб. пособие / Лев Лазаревич Вайнштейн, 1987. - 32.

7. Бухаров Александр Иннокентьевич. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей : справочник / Александр Иннокентьевич Бухаров, Иван Александрович Емельянов, Виктор Петрович Суднов, 1988. - 287.

8. Вайнел Д. В. Аккумуляторные батареи. Общий курс физических и химических свойств вторичных батарей и их техническое применение / Д. В. Вайнел, 1937. - 400.
9. Промышленное применение аккумуляторных батарей. От автомобилей до авиакосмической промышленности и накопителей энергии / Д. Аурбах [и др.]; под ред. М. Бруссили [и др.]; пер. с англ. Н. Г. Максимовой, 2011. - 782.
10. Зорохович А. Е. Устройства для заряда и разряда аккумуляторных батарей / А. Е. Зорохович, В. П. Бельский, Ф. И. Эйгель, 1975. - 209.
11. Правильная эксплуатация - залог долговечности аккумуляторной батареи / под ред. Г. Дмитриева, А. Рябухина, 1968. - 52.
12. Проектирование, исследования и эксплуатация технологического оборудования ГЭС и ГАЭС / под общ. ред. М. Ф. Красильникова, В. А. Семенкова, 1984. - 162.

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. MATLAB_поставка 2015
2. MathWorks_MatLabR2010b (Simulink - 30, SimPowerSystems - 30)_511547_eng

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор Infocus IN 124 (3D Ready)