Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автономные энергетические системы. Водородная и электрохимическая энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы
по дисциплине
Электрохимические энергоустановки

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Нефедкин С.И. Идентификатор: Re4207b7b-NefedkinSI-3a80b823	С.И. Нефедкин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Ланская И.И. Идентификатор: R3db6324d-LanskyaII-6f410db9	И.И. Ланская
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Кулешов Н.В. Идентификатор: Re9c42de9-KuleshovNV-bc390ed6	Н.В. Кулешов

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен демонстрировать применение основных принципов управления, законов регулирования, построения автоматизированных систем управления объектами промышленной теплоэнергетики

ИД-1 Демонстрирует знание основных принципов построения и типовых структур автоматизированных систем управления, законов регулирования основных технологических параметров и применения технических средств автоматизации объектов промышленной теплоэнергетики

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Устная форма

1. Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды (Дискуссия)
2. Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла (Дискуссия)
3. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения (Дискуссия)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	5	10	15
Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.				
Электрохимические энергоустановки. Классификация, основные параметры и характеристики. Принцип действия электрохимических установок. Первичные и вторичные химические источники тока. Электролиз воды.		+		
Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения				
Электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения			+	

Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды			
Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла. Электролизеры воды			+
Вес КМ:	35	30	35

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1$_{ПК-2}$ Демонстрирует знание основных принципов построения и типовых структур автоматизированных систем управления, законов регулирования основных технологических параметров и применения технических средств автоматизации объектов промышленной теплоэнергетики	Знать: основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики; принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок характеристики и закономерности функционирования топливных элементов основных типов и энергоустановок на их основе; принципы организации накопителей энергии на основе электрохимических энергоустановок; методы расчета параметров электрохимических энергоустановок	Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды (Дискуссия) Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения (Дискуссия) Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла (Дискуссия)

		основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода), необходимых для реализации сезонного аккумулирования энергии на основе водородного цикла Уметь: анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики; анализировать научную проблематику в области исследований и разработки устройств для электрохимической энергетики рассчитывать и анализировать параметры электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов; рассчитывать и анализировать параметры электрохимических накопителей энергии	

		анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики; рассчитывать параметры отдельных устройств и комплекса по автономному энергоснабжению с водородным накопителем	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Принципы работы электрохимических установок, первичных и вторичных источников тока, электролизеров воды

Формы реализации: Устная форма
Тип контрольного мероприятия: Дискуссия
Вес контрольного мероприятия в БРС: 35
Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос

Краткое содержание задания:
Проверка знаний по принципам работы электрохимических установок

Контрольные вопросы/задания:

Знать: характеристики и закономерности функционирования топливных элементов основных типов и энергоустановок на их основе; принципы организации накопителей энергии на основе электрохимических энергоустановок; методы расчета параметров электрохимических энергоустановок	1.В чем достоинства и недостатки традиционных автономных энергоустановок? Почему электрохимический метод получения электроэнергии более эффективный, чем традиционный теплоэнергетический? 2.Какие процессы протекают в химических источниках тока? 3.Виды электрохимических энергоустановок и основные области их применения? 4.Что такое электролиз воды? В чем преимущество электролиза перед другими методами получения водорода? 5.Объясните понятие электродного потенциала. Дайте определение равновесной и стандартной разности потенциалов.
Уметь: рассчитывать и анализировать параметры электрохимических энергоустановок на основе топливных элементов; рассчитывать и анализировать параметры электрохимических накопителей энергии	1.Что собой представляют бифункциональные электрохимические системы? По каким возможным схемам они организуются, в чем достоинства и недостатки выбранных схем? 2.Как выглядит формула объединенного закона Фарадея? Объясните, какие величины в нее входят. Для каких расчетов применяется указанный закон? 3.Как определяется ЭДС? Что такое термонейтральная ЭДС? 4.Какую зависимость характеризует уравнение Нернста? Как оно выглядит? 5.Какие факторы влияют на скорость электрохимических процессов?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Электрохимические накопители энергии. Энергоустановки для автономного энергоснабжения

Формы реализации: Устная форма
Тип контрольного мероприятия: Дискуссия
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30
Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос

Краткое содержание задания:
Проверка знаний в области электрохимических накопителей энергии

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы конструктивного выполнения энергоустановок водородной энергетики (электролизеров воды, топливных элементов, систем хранения водорода), необходимых для реализации сезонного аккумулирования энергии на основе водородного цикла	1.Каковы области применения топливных элементов? Классификация топливных элементов? 2.Чем обусловлена более высокая эффективность производства энергии в топливном элементе по сравнению с традиционными способами? 3.Из каких основных компонентов состоит ячейка топливного элемента? Какие материалы используются для изготовления компонентов данных ячеек? 4.Какие ЭЭУ являются наиболее перспективными для использования в транспорте и почему?
Уметь: анализировать электрохимические процессы в установках водородной энергетики; рассчитывать параметры отдельных устройств и комплекса по автономному энергоснабжению с водородным накопителем	1.Как выглядит типичная вольтамперная характеристика топливного элемента? Какие основные области можно выделить на ней? 2.К чему приводит гибридизация автономных энергоустановок? Каковы основные схемы гибридизации и в чем их особенности? 3.Каким образом использование водорода увеличивает эффективность паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок? Какие трудности возникают при использовании водорода в данных установках? 4.Каковы основные схемы организации автономных энергоустановок на базе только ВИЭ? В чем их особенности? 5.В чем достоинства и недостатки двух способов аккумулирования энергии: на основе аккумуляторов и водородных накопителей?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла

Формы реализации: Устная форма
Тип контрольного мероприятия: Дискуссия
Вес контрольного мероприятия в БРС: 35
Процедура проведения контрольного мероприятия: Устный опрос

Краткое содержание задания:
Проверка знаний по теме электрохимические накопители энергии на основе водородного цикла

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные термины, определения и понятия в области водородной и электрохимической энергетики; принцип действия и основы конструктивного выполнения электрохимических энергоустановок	1.Каковы последствия неравномерности суточного графика нагрузок? Какие мероприятия проводятся для выравнивания суточного графика нагрузок? 2.Какие основные способы хранения водорода вы знаете? В чем их особенности, преимущества и недостатки? 3.Каковы области применения электролизеров воды? На какие виды разделяют современные электролизеры воды? Основные преимущества и недостатки. 4.Из каких компонентов складывается напряжение электролиза? Какова их природа?
Уметь: анализировать зарубежную и отечественную научно-техническую информацию в области водородной и электрохимической энергетики; анализировать научную проблематику в области исследований и разработки устройств для	1.Какие методы транспортировки водорода вы знаете? В чем их особенности, преимущества и недостатки? 2.Из каких основных компонентов состоит электролизный элемент? Какие материалы используются для изготовления основных компонентов? 3.Каким образом определяются энергозатраты на производство водорода путем электролиза? Какие факторы на это влияют?

электрохимической энергетики	

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4
Нижний порог выполнения задания в процентах: 60
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3
Нижний порог выполнения задания в процентах: 50
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Процедура проведения

По результатам работы за весь семестр складывается оценка трех КМ.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1$_{ПК-2}$ Демонстрирует знание основных принципов построения и типовых структур автоматизированных систем управления, законов регулирования основных технологических параметров и применения технических средств автоматизации объектов промышленной теплоэнергетики

Вопросы, задания

1.Какие факторы влияют на скорость электрохимических процессов?
2.В чем достоинства и недостатки двух способов аккумулирования энергии: на основе аккумуляторов и водородных накопителей?
3.Каким образом определяются энергозатраты на производство водорода путем электролиза? Какие факторы на это влияют?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Рассчитайте равновесную противо-ЭДС электролизера воды с твердым полимерным электролитом, функционирующего при рабочей температуре 80 °C. Чему равен его термодинамический КПД?

Ответы:

Для получения правильного ответа необходимо определить энергию Гиббса суммарной реакции, протекающей в электролизере воды с твердым полимерным электролитом, с учетом заданного значения рабочей температуры. Влиянием температуры на энтальпию и энтропию реакции следует пренебречь. Термодинамический КПД определяется как отношение определенной величины энергии Гиббса и энтальпии реакции.

Верный ответ: 1,18 В; 0,79.

2.Чему будет равно напряжение единичного элемента электролизера воды с твердым полимерным электролитом при номинальной плотности тока 1 А/см2, если известно, что эффективный ток обмена составляет 0,0000000001 А/см2, коэффициент переноса равен 0,5, совокупное омическое сопротивление элемента составляет 150 мОм*см2? Концентрационной поляризацией можно пренебречь. Рабочая температура составляет 80 °C, а равновесная разность потенциалов – 1,18 В.

Ответы:

Необходимо применить уравнение, описывающее распределение напряжения электролизера воды на составляющие: равновесную разность потенциалов, активационные (поляризационные), омические и транспортные (концентрационные) потери. При этом активационные (поляризационные) потери определяются по уравнению Батлера-Фольмера для модели одного эффективного электрода. Необходимо использовать следующие константы: универсальную газовую постоянную и постоянную Фарадея.

Верный ответ: 1,68 В

3.Как измениться стандартная противо-ЭДС электролизера воды, если он будет функционировать в ассиметричном режиме и производить водород под давлением 30 бар

(давление кислорода считать атмосферным)? Как изменится противо-ЭДС, если давление будет симметричным?

Ответы:

Для получения правильного ответа необходимо использовать уравнение Нернста для суммарной реакции, протекающей в электролизере воды с твердым полимерным электролитом. Активность воды необходимо принять равной 1. Стандартная разность потенциалов составляет 1,229 В. Необходимо использовать следующие константы: универсальную газовую постоянную и постоянную Фарадея

Верный ответ: 1,273 В, 1.294 В.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу