

Б1.О.07 ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
профиль: Электроэнергетические системы

1 Цель и задачи дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) _Водородная энергетика_ являются изучение водородных технологий и их успехов как одного из направлений развития научно-технического прогресса; физических методов извлечения водорода из водородосодержащих смесей (свойства, хранение, транспортирование); устройств для использования водорода (топливные элементы).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Водородная энергетика входит в обязательную часть образовательной программы магистратуры по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

2. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине (модулю)

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Знать: физические основы водородной энергетике и технологии получения водорода; свойства, производство, хранение (газообразного, жидкого) и транспортировка, методы получения водорода. УК-6.2 Уметь: анализировать необходимую информацию, полученную с измерительных приборов, технические данные средств измерений. УК-6.3 Владеть навыками для проведения необходимых расчетов на установке ЛДК-1 (солнечноводородная энергетика) по получению водорода методом электролиза из воды

3. Содержание разделов дисциплины

1. Основные термины, определения и понятия.

Способы производства водорода: кислородная и парокислородная конверсия конверсия природного газа, получение водорода с помощью угля, химические и электрохимические циклы, другие способы производства водорода. Место электрохимического способа производства водорода в схеме производства водорода.

2. Основные физико-химические свойства водорода.

Физико-химические свойства водорода и кислорода. Ортоводород и параводород. Изотопы водорода. Основные свойства протия, дейтерия и трития.

3. Общие вопросы электролиза воды.

Термодинамика процесса электролиза воды. Теоретическое напряжение разложения. Уравнение Нернста. Скорость электрохимических реакций. Перенапряжение выделения водорода и кислорода. Механизмы анодного выделения кислорода и катодного выделения водорода. Количественные соотношения при электролизе воды. Тепловой баланс электролизной ячейки Напряжение на электрохимической ячейке.

4. Виды электролизеров воды

Виды электролизеров. Энергетические затраты на производство водорода. Техно-экономические характеристики электролизеров

5. Щелочной электролиз воды

Особенности массопереноса в щелочной электролизной электрохимической группе. Расчет ионных и молекулярных потоков. Использование элементов термодинамики необратимых процессов. Особенности падения напряжения в ячейке щелочного электролиза. Катализаторы катодного выделения водорода и анодного выделения кислорода.

6. Интенсификация щелочного электролиза воды

Влияние эксплуатационных факторов (температуры, плотности тока и давления) на вольт-амперную характеристику. Характеристики промышленных установок. Пути интенсификации щелочного способа. Новая элементная база щелочного электролиза. Проблема создания диафрагмы, анодов и катодов.

7. Электролизеры воды с твердым полимерным электролитом

Твердополимерный электролиз воды. Катионообменные мембраны и их физико-химические характеристики. Модель переноса протона в набухшей мембране. Особенности поляризации на границе катализатор – твердополимерный электролит. Мембранно-электродные блоки.

8. Вопросы эксплуатации электролизных установок.

Сравнительные технологические схемы производства водорода и кислорода ведущих фирм. Приготовление питающей воды и очистка электролита. Очистка и осушка газов. Контроль и автоматизация процесса электролиза.

9. Высокотемпературные электрохимические энергоустановки..

Напряжение на ячейке. Проблема создания высокотемпературной керамической перегородки. Тепловыделение в системе. Особенности оксидных материалов для анодов. Возможности использования металлического никеля и кобальта в качестве катодного материала. Планарные и трубчатые элементы. Технология нанесения электролита на пористый электрод.

10. Другие способы производства водорода.

Конверсия углеводородов. Равновесный состав и тепловой эффект пароводяной конверсии метана. Расчет равновесного состава «реакции сдвига». Катализаторы пароводяной конверсии метана. Термоэлектрохимические циклы. Физические способы производства водорода.

11. Топливные элементы

Общие сведения, принцип работы и КПД топливных элементов. Классификация топливных элементов. Водно-щелочные топливные элементы. Принципиальная схема водно-щелочного топливного элемента. Вольт-амперные и поляризационные характеристики. Элементная база. Топливные элементы с ТПЭ с прямым окислением спиртов. Фосфорнокислые топливные элементы. Расплавно-карбанатные топливные элементы.

12. Водородные топливные элементы с твердо-полимерным электролитом (ТПЭ).

Протонпроводящие ионообменные мембраны. Принципиальная схема топливного элемента с ТПЭ. Электрокаталитический слой. Носители электрокаталитического слоя. Проблема

снижения закладки драгметаллов. Газодиффузионный слой. Биполярные пластины. Математическая модель массопереноса в зоне воздушного электрода ТЭ. Зависимость плотности тока от геометрии канала. Распределение плотности тока от пористости газодиффузионного слоя.

13. Способы хранения водорода

Способы хранения и транспорта водорода. Техничко-экономическое сравнение различных способов хранения и транспорта : газобаллонного, в жидком виде, хранение в гидридах металлов и др. Эффективность хранения сжатого водорода при различных давлениях. Энергозатраты на компримирование. Работа адиабатического сжатия водорода. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением. Крупномасштабное, геологическое хранение водорода.

14. Хранение водорода в носителях

Хранение водорода в гидридах. Аланты (алюмогидриды). Борогидриды. Амиды.

Гидриды металлов, сплавов, интерметаллидов. Идеализированные изотермы реакции, кривые Вант Гоффа, РСТ диаграммы процессов адсорбция-десорбция водорода. Классификация и примеры сплавов – накопителей водорода.

15. Хранение жидкого водорода

Энергетические и капитальные затраты для ожижения водорода. Сравнение циклов ожижения. Примеры отечественных ожижительных установок. Требования к резервуарам для хранения водорода. Потери на испарение.

16. Использование водорода в энергетике

Сглаживание пиковых нагрузок в энергосистеме. Использование других электрохимических систем в недельном и сезонном процессе выравнивания нагрузки.

Энерготехнологические комплексы на основе водорода. Принципиальная схема атомно-водородного энергоблока. Сравнительные характеристики ГТУ при использовании в качестве топлива водорода и стандартного углеводорода.

17. Использование водорода в других отраслях промышленности

Аккумулирование энергии возобновляемых источников. Водород на транспорте. Заправочные водородные станции. Использование водорода в полупроводниковой металлургической и стекольной промышленности.

4.4. Темы и планы практических занятий

Темы практических и/или семинарских занятий

Модуль I. Современное состояние энергетики. Получение, свойства и транспортирование водорода

Тема 1. Хранение жидкого и газообразного водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 2. Получение атомарного водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 3. Физические методы извлечения водорода из водородосодержащих смесей (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 4. Транспортирование водорода в химически связанном состоянии (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Модуль II. Электролиз воды. Нанопористые материалы для водородной энергетики. Нанотехнологии в водородной энергетике

Тема 5. Электролиз воды с использованием протонных мембран для электролизеров (получение водорода и кислорода на установке ЛДК-1 «Солнечно-водородная энергетика», зарядка топливного элемента) (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 6. Портативные топливные элементы (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 7. Применение водорода (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 8. Нанотехнологии в водородной энергетике (форма проведения – практическое занятие, семинар)

Тема 9. Солнечные элементы для водородной энергетики (форма проведения – практическое занятие, семинар)