

Практическое занятие №15 ***Нетрадиционные источники энергии***

Цель: Изучить принцип действия топливных элементов и перспективы их использования.

Задание на практическое занятие:

1. Изучить теоретические сведения.
2. Подготовить отчет.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретические сведения

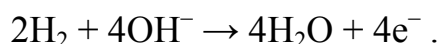
В дисциплине «Возобновляемые источники энергии» рассматривали: — малую гидроэнергетику; — биоэнергетику; — ветроэнергетику; — солнечную энергетику. Возобновляемые источники энергии являются частью нетрадиционных источников энергии.

Уже сегодня ясно, что существенного роста потребления энергии на базе невозобновляемых источников достичь не удастся как в силу их ограниченности, так и из-за нежелательного воздействия на окружающую среду. Специалисты в первую очередь обращаются к экологически чистым нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии. В отличие от традиционной энергетики, энергетика возобновляемых источников базируется не на запасах вещества, а на природных потоках энергии. Традиционная энергетика на органическом топливе в обозримом масштабе времени будет иметь временный и довольно непродолжительный период времени.

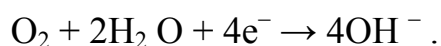
К экологически чистым источникам энергии можно отнести такие нетрадиционные источники, как электрохимические источники тока (ИТ). В них химическая энергия превращается в электрическую без промежуточных преобразователей. Наиболее перспективными электрохимическими ИТ являются генераторы, построенные на базе топливных элементов (ТЭ). В ТЭ химическая энергия топлива, заключенная в газе, превращается непосредственно в электрическую без промежуточных преобразований. В традиционном получении электрической энергии химическая энергия газа превращается в тепловую, тепловая — в механическую, а механическая — в электрическую. ТЭ в качестве активного материала на отрицательном электроде используется горючий газ: водород, окись углерода. При предварительной конверсии – разложении на составляющие химические элементы применяют природный газ, метан, этан, пропан. В результате проведения газификации — уголь. Активным материалом на положительном электроде служит чистый кислород или кислород из воздуха. Для генерации электроэнергии на электродах топливного элемента необходимо свести вместе три фазы: горючий газ, электролит и носитель электронов.

В простейших водородно-кислородных ТЭ с водным электролитом водород диффундирует через пористый электрод и адсорбируется на его поверхности в виде атомов. Атомы вступают в реакцию с гидроксидными группами ОН из электролита, в результате чего образуется вода, которая переходит в электролит, а электроны направляются к катоду. Реакция ускоряется в

присутствии катализатора, которым покрывают внутреннюю поверхность электродов. Таким катализатором чаще всего служит платина. При этом процессы, происходящие на пористой поверхности топливного электрода можно записать

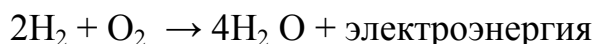


Для получения электрического тока ко второму электроду подводится кислород или воздух. Кислород проникает через пористый электрод и адсорбируется на его поверхности. Адсорбированный кислород взаимодействует с поступающими из внешней цепи электронами и водой электролита, образуя гидроксильные ионы OH^-



Гидроксильные ионы перемещаются через электролит к водородному электроду, завершая цикл движения электрических зарядов.

Суммарная токообразующая реакция в топливном элементе выглядит следующим образом:



Самым простым и наиболее известным является топливный элемент с жидким электролитом (рис.1).

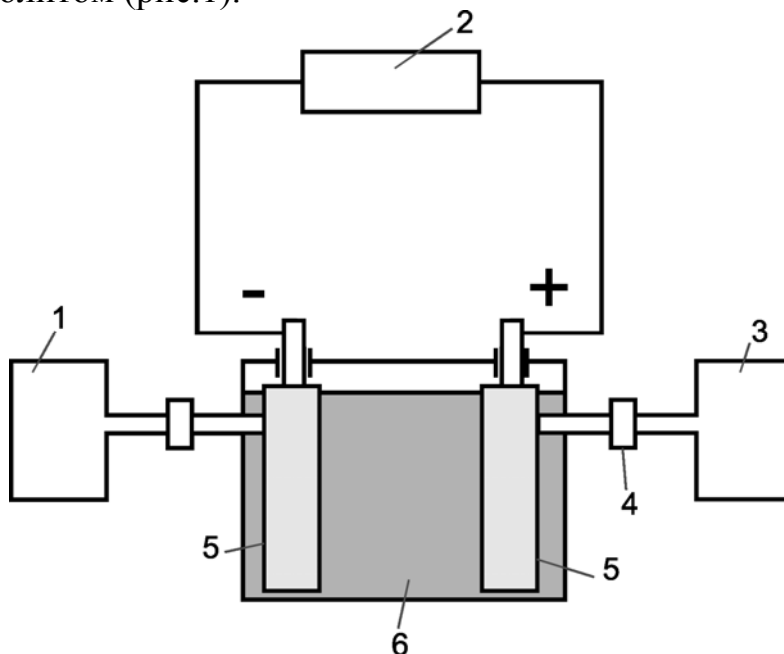


Рисунок 1 — Функциональная схема электрохимического генератора с жидким электролитом

1— запас восстановителя (горючего); 2— нагрузка; 3 — запас окислителя (кислород); 4 – регулирующие устройства; 5 – пористые электроды; 6 – электролит (KOH или NaOH).

Высокотемпературные электрохимические генераторы

Более совершенным является топливный элемент с твердым электролитом. Такие топливные элементы начинают работать при температуре примерно 400⁰С и называются высокотемпературными топливными элементами (ВТТЭ). Водные электролиты при таких температурах выкипают, поэтому используют электролиты в виде расплавленных солей (смесь карбонатов натрия и лития), либо так называемые твердые электролиты. В качестве твердых электролитов, как правило, используют материалы с униполярной кислородной проводимостью. В таких материалах ток практически полностью переносится ионами кислорода. К ним относятся, например, смеси оксидов металлов.

При работе ВТТЭ с твердым электролитом на кислородном электроде протекает процесс ионизации кислорода. Ионы кислорода мигрируют через толщу электролита к топливному электроду, на котором протекает процесс электрохимического окисления водорода (оксида углерода) с отдачей электронов во внешнюю электрическую цепь.

Большая часть энергии в ТЭ выделяется в виде электричества. Однако часть энергии расходуется на преодоление внутреннего сопротивления и на протекание электрохимических процессов на электродах. Эта часть энергии выделяется в виде теплоты. Для начала технологического процесса выработки электроэнергии такой топливный элемент необходимо разогреть до исходной температуры. При мощности топливного элемента 500 Вт и более в процессе работы топливный элемент сам себя подогревает за счет потерь энергии в самом элементе. При мощности менее 500 Вт для выработки электроэнергии топливный элемент с твердым электролитом необходимо подогревать от дополнительного источника тепла. Но электрохимическое горение происходит практически без потерь на преобразование одного вида энергии в другой, поэтому КПД ТЭ выше тепломеханических преобразователей.

В ВТТЭ обычно вводят не исходные углеводородные топлива, а продукты их переработки, например, продукты, получаемые при паровой конверсии метана.
$$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$$

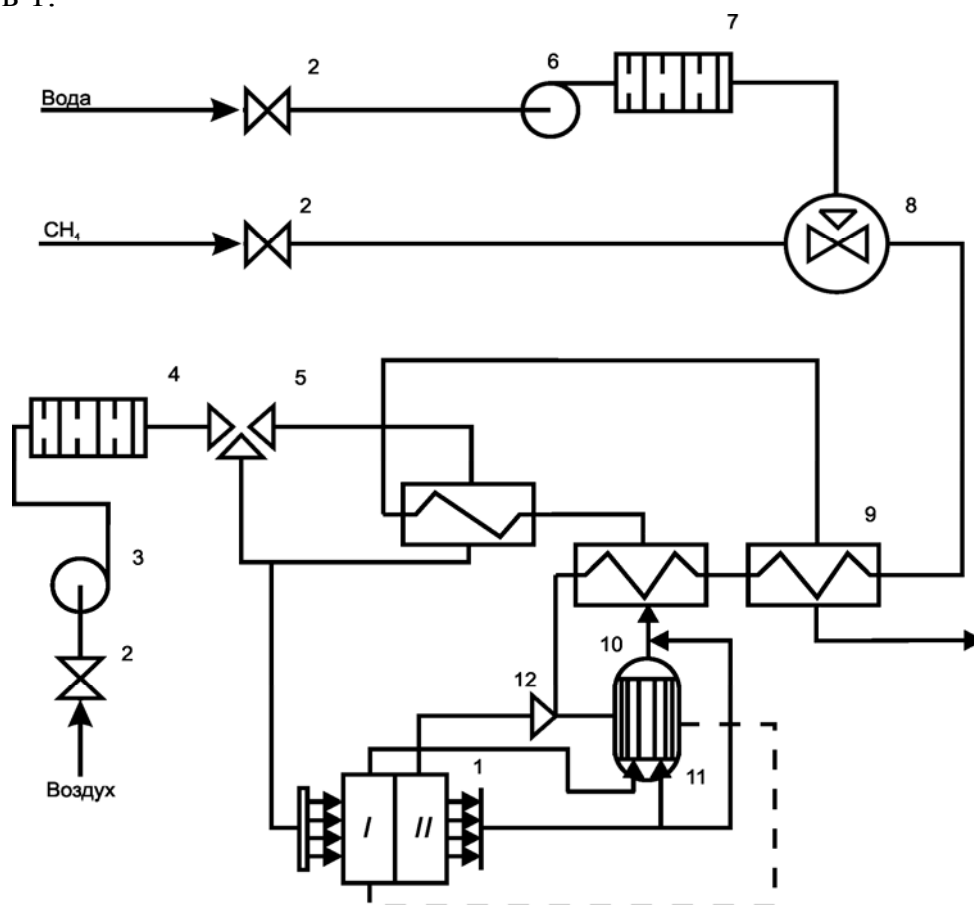
Получаемый водород участвует в получении электрической энергии с помощью топливных элементов

По данным института электрохимии Уральского отделения академии наук и сведениями некоторых зарубежных фирм, срок службы ВТТЭ составляет 30...50 тыс. часов с напряжением на выходе одного элемента 0,7...0,75 В и КПД преобразования химической энергии топлива в электрическую 50...60%. Испытания показали, что ВТТЭ с твердым электролитом могут работать в регенеративном режиме, т.е. служить электролизером для разложения на составляющие воды или углекислого газа.

Для устойчивой и надежной работы ТЭ необходимо иметь вспомогательные системы. В комплекте с этими системами ТЭ составляет электрохимический генератор (ЭХГ) и ли другими словами.

ЭХГ называется совокупность устройств, которые с помощью топливных элементов осуществляют прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую энергию постоянного тока (рис.2). Для получения электроэнергии в ЭХГ необходимо горючее, вода и воздух

Для получения водорода из метана CH_4 необходимо осуществить его конверсию в присутствии пара. Для этого вода насосом 6 через водоочиститель 7 подается к смесителю-дозатору 8. К этому же смесителю через клапан 2 подается метан или природный газ. Из смесителя-дозатора 8 газоводяная смесь через подогреватели 9 подается к эжектору 2. Воздух насосом 3 через воздушный фильтр подается к трехходовому крану 5. Трехходовой кран в зависимости от потребности подает часть воздуха на вход батареи топливных элементов 1.



1 – батарея топливных элементов; 2 – клапаны; 3 – воздушный насос; 4 – воздушный фильтр; 5 – трехходовой кран; 6 – водяной насос; 7 – водоочиститель; 8 – смеситель – дозатор; 9 – теплообменники; 10 – конвертер; 11 – дожигающее устройство; 12 –эжектор

Рисунок 2 — Схема электрохимического генератора на природном газе

Пройдя первый и второй блоки топливных элементов воздух под давлением из второго блока подается в эжектор 12, которым газоводяная смесь вдувается в конвертер. При высокой температуре в конвертере образуется водород, который поступает на батарею топливных элементов. В результате на краях топливных элементов образуется ЭДС.

Отработавшая газо-воздушная смесь дожигается в конверторе, поддерживая его температуру. После дожигания газозвудушная смесь проходит через три теплообменника, где отдает свою энергию воздуху и газовой смеси, а затем выходит в атмосферу. При качественной настройке ЭХГ на выходе его получаем пары воды и CO_2

Получаемый на выходе ЭХГ постоянный ток преобразуется в переменный трехфазный ток посредством инверторов.

Наиболее распространенными из отечественных являются водно-щелочные ТЭ, успешно прошедшие испытания на космических кораблях. Мощность единичного модуля составляла $2=10$ кВт. Модули ТЭ комплектуются в батареи и на основе уже имеющихся разработок могут быть реализованы ЭХГ мощностью до 100 кВт.

К настоящему времени разработана промышленно адаптируемая технология серийного выпуска с твердым полимерным электролитом мощностью 5-10 кВт с КПД до 60%. Ведется разработка ЭХГ мощностью до 100 кВт. Однако высокая стоимость электролита и использование платины в качестве катализатора могут ограничить их широкое применение.

Фосфорнокислые ЭХГ из рассматриваемых представляются единственными, которые позволяют на нынешнем этапе реализовать мощности более 1 МВт. Являясь среднетемпературными ($T=200-250^{\circ}\text{C}$) они могут использовать в качестве топлива легкие фракции природных газов. Однако анализ мирового опыта ставит под сомнение целесообразность применения среднетемпературных ЭХГ.

Высокотемпературные ЭХГ на основе оксидов циркония являются наиболее перспективными для больших мощностей (более 500 кВт). Их КПД при использовании высокотемпературного тепла (при температуре эксплуатации 900°C) может достигать 80%. Кроме того эти Э могут использовать в качестве топлива природные газы и позволяют практически полностью избавиться от благородных металлов.

Содержание отчета:

1. Название и цель занятия.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что является горючим в топливных элементах?
2. Что является восстановителем в топливных элементах?
3. Для чего нужен электролит в топливном элементе?
4. Какой КПД преобразования химической энергии топлива в электрическую?
5. Для чего проводится конверсия метана в электрохимическом генераторе?
6. Для чего поверхность электродов покрывают катализатором?
7. Какие электрохимические генераторы являются перспективными в настоящее время?