

УДК 53-06

Кусамин А. А.

студент 1 курса

Осмоловский С.А.

студент 1 курса

Черкашин В.А.

студент 1 курса

Сибирский федеральный университет

Россия, г. Красноярск

Феськова Е.В., канд. пед. наук

доцент

Никифоров А.Г.,

старший преподаватель

Сибирский федеральный университет

Россия, г. Красноярск

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ. УСТРОЙСТВО, ВИДЫ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация: в статье рассмотрены преимущества и недостатки топливных элементов, их устройство. Приведено сравнение основных характеристик топливных элементов и обозначены причины, тормозящие их внедрение.

Ключевые слова: топливный элемент, коэффициент полезного действия, химическая энергия, плотность электрического тока.

Kusamin A. A.

1st year student

Osmolovsky S.A.

1st year student

Cherkashin V.A.

1st year student

Siberian federal University

Russia, Krasnoyarsk

Feskova E. V, candidate of pedagogical Sciences

professor

Nikiforov A.G.,

senior lecturer

Siberian federal University

Russia, Krasnoyarsk

FUEL CELLS. DEVICE, TYPES, PRINCIPLE OF OPERATION OF FUEL CELLS

Abstract: the article discusses the advantages and disadvantages of fuel cells, their design. The comparison of the main characteristics of fuel cells is given and the reasons hindering their implementation are indicated.

Keywords: fuel cell, efficiency, chemical energy, electric current density.

Введение. Современными трендами использования энергетических ресурсов является: снижение затрат на строительство инфраструктуры; сокращение потерь при передаче энергии; увеличение надежности; создание локальных рабочих мест; возможности выхода на масштабный глобальный рынок оборудования и технологий; снижение зависимости от иностранного энергетического оборудования; расширение возможностей для потребительского выбора; сокращение выбросов парниковых газов. В связи с этим нужны новые источники энергии, которые имеют высокий КПД преобразования исходной энергии в электрическую, высокие

удельные характеристики, безопасны и экологичны.

Цель исследования -акцентировать внимание к экологичным источникам энергии.

В качестве таких источников можно использовать топливные элементы, чей энергетический запас в несколько сот раз больше, а влияние, оказываемое на окружающую среду минимально. В отличие от существующих источников питания таких как гальванический элемент («батарея»), который работает, пока не израсходуются реагенты или аккумулятор, требует периодической подзарядки, топливные элементы могут работать неограниченное время, пока в них подаются реагенты и отводятся продукты реакции. До недавнего времени топливные элементы использовались только в лабораториях и на космических аппаратах. В настоящее время отмечается растущий интерес крупных компаний в этом направлении.

Топливный элемент – это устройство, подобное гальваническому элементу, но отличающееся от него тем, что вещества для электрохимической реакции подаются в него извне – в отличие от ограниченного количества энергии, запасенного в гальваническом элементе или аккумуляторе. В топливных элементах происходит превращение химической энергии топлива в электрическую, минуя малоэффективные процессы горения, идущие с большими потерями. В результате этого процесса образуется вода и выделяется большое количество теплоты. Простота конструкции и отсутствие движущихся частей в топливных элементах позволяет их эксплуатировать в необслуживаемом режиме, все это минимизирует роль сжигания топлива (поэтому не подчиняются закону Карно), делает процесс бесшумным и экологически чистым, КПД может превышать 50 %.

Изобретателем топливного элемента (1839) считают Вильяма Роберта Грува. В своем элементе в качестве электролита Грува использовал

раствор серной кислоты, а в качестве топлива - водород, который соединялся с кислородом в среде окислителя.

Современные топливные элементы – это химические источники тока, в которых электрическая энергия образуется в результате химической реакции между восстановителем и окислителем, непрерывно и отдельно поступающими к электродам элемента извне (рис. 1).

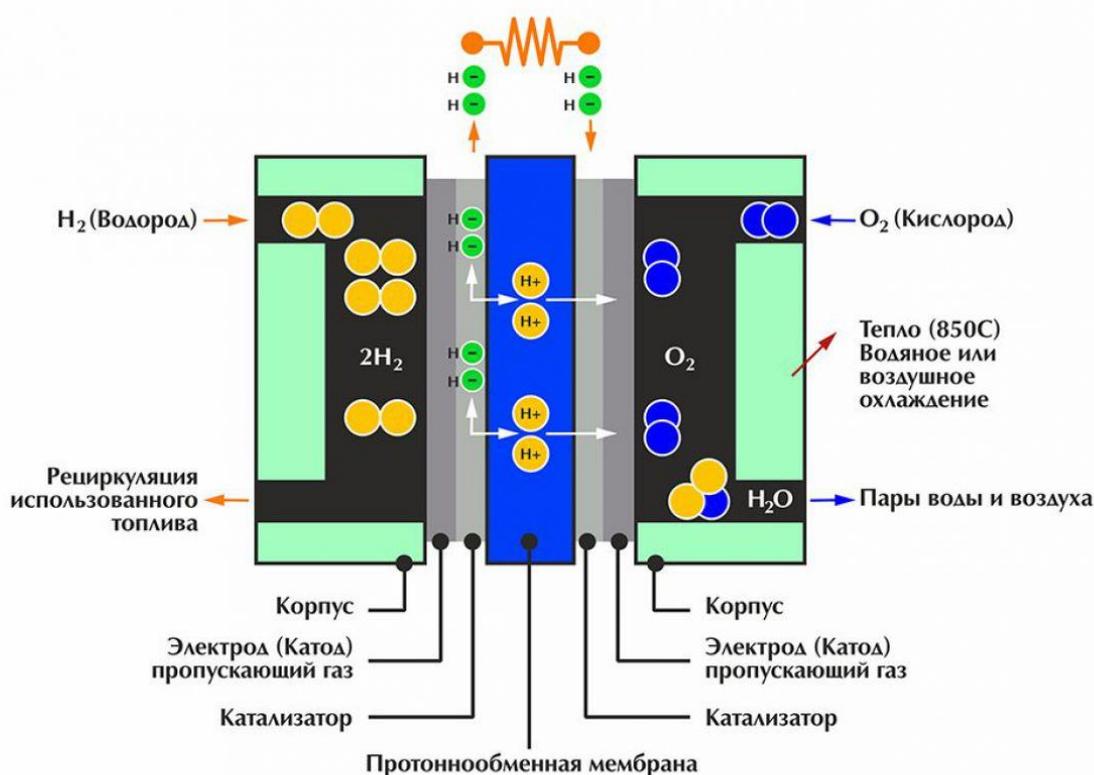


Рисунок 1. Устройство топливного элемента

Продукты реакции непрерывно выводятся из топливного элемента. Анод и катод разделяются электролитом, проводящим протоны. После того, как водород поступит на анод, а кислород - на катод, начинается химическая реакция, в результате которой генерируются электрический ток, тепло и вода. На катализаторе анода молекулярный водород диссоциирует и теряет электроны. Ионы водорода (протоны) проводятся через электролит к катоду, в то время как электроны пропускаются электролитом и проходят

по внешней электрической цепи, создавая постоянный ток, который может быть использован для питания оборудования. На катализаторе катода молекула кислорода соединяется с электроном (который подводится из внешних коммуникаций) и пришедшим протоном, и образует воду, которая является единственным продуктом реакции (в виде пара и/или жидкости).

Анодная реакция: $H_2 - 2e^- \rightarrow 2H^+$

Катодная реакция: $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

Ток образующая реакция: $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$

Водород является идеальным топливом: химически активный; легко подводится в топливный элемент; продукт реакции – вода – легко отводится из топливного элемента; неисчерпаемый источник – вода; сейчас водород получают за счет более дешевой переработки природного газа, основным компонентом которого является метан $CH_4 + H_2O(\text{пар}) = 3H_2 + CO$

Некоторые типы топливных элементов являются перспективными для применения их в качестве силовых установок электростанций, а другие - для портативных устройств или для привода автомобилей.

На текущий момент известно несколько видов топливных элементов, которые различаются составом применяемого электролита:

- Щелочной топливный элемент (ЩТЭ) – это одна из наиболее изученных технологий, используемая с середины 60-х годов XX века агентством НАСА в программах «Аполлон» и «Спейс Шаттл».

- Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом (РКТЭ) являются высокотемпературными. Данный процесс разработан в середине 60-х годов XX века. С того времени была улучшена технология производства, рабочие показатели и надежность.

- Топливные элементы на основе фосфорной (ортофосфорной) кислоты (ФКТЭ) стали первыми топливными элементами для коммерческого использования. Данный процесс был разработан в середине 60-х годов XX, испытания проводились с 70-х годов XX века. В итоге были увеличены стабильность и рабочие показатели и снижена стоимость.

- Топливные элементы с мембраной обмена протонов (МОПТЭ) считаются самым лучшим типом топливных элементов для генерации питания транспортных средств, которое способно заменить бензиновые и дизельные двигатели внутреннего сгорания. Эти топливные элементы впервые использованы НАСА для программы «Джемини».

- Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются топливными элементами с самой высокой рабочей температурой от 600°C до 1000°C, что позволяет использовать различные типы топлива без специальной предварительной обработки.

- Топливные элементы с прямым окислением метанола (ПОМТЭ) успешно применяют в области питания мобильных телефонов, ноутбуков, а также для создания переносных источников электроэнергии.

- Полимерные электролитные топливные элементы (ПЭТЭ). В этих элементах полимерная мембрана состоит из полимерных волокон с водными областями, в которых ионы воды H_2O^+ (протон, красный) присоединяются к молекуле воды. Требуется высокая концентрация воды как в топливе, так и на выпускных электродах, что ограничивает рабочую температуру 100°C.

- В твердокислотных топливных элементах (ТКТЭ) электролит ($CsHSO_4$) не содержит воды. Рабочая температура поэтому составляет 100-300°C.

Приведем сравнительные характеристики представленных топливных элементов (таблица 1).

Таблица 1

Характеристики	ЩТЭ	ПОМТЭ	МОПТЭ	ФКТЭ	РКТЭ	ТОТЭ
Электролит	Водный раствор KOH	Полимерная пленка Nafion-H	твердая полимерная мембрана	H ₃ PO ₄	Расплав карбонатов	Твердый раствор ZrO ₂
Приложения	Космос, транспорт, автономные системы			Стационарные установки, комбинированное получение электроэнергии и тепла		
Рабочие температуры, °C	< 100	60 – 120		160 – 220	600 – 700	800 – 1000
Мощность, кВт	5 – 150	5 – 250	5	50 – 11000	100 – 2000	100 – 250
КПД, %	до 50	~ 50		50 - 70	до 70	

К преимуществам топливных элементов можно отнести высокий коэффициент полезного действия, составляющий, в зависимости от типа, от 40 до 60%. Высокий КПД позволяет изготавливать источники питания с более высокой удельной энергоемкостью, благодаря чему достигается уменьшение их массогабаритных показателей при сохранении мощности и времени автономной работы.

Другим важным достоинством топливных элементов является возможность практически мгновенного возобновления их энергоресурса даже при отсутствии внешних источников электропитания – для этого достаточно установить новую емкость (картридж) с используемым топливом. Применение не расходующихся в процессе реакции электродов позволяет создавать топливные элементы с очень большим сроком службы и малой совокупной стоимостью владения.

Нельзя не отметить и значительно более высокую экологическую чистоту химических топливных элементов по сравнению с гальваническими

батареями. Расходным материалом для топливных элементов служат лишь емкости с топливом, а основным продуктом реакции является обычная вода. Замена используемых в настоящее время батареек и аккумуляторов на топливные элементы позволит значительно сократить объем подлежащих переработке отходов, содержащих ядовитые и вредные для окружающей среды вещества.

Несмотря на очевидные преимущества топливных элементов перед распространенными источниками электропитания, на пути массового внедрения новой технологии имеются определенные препятствия.

Наиболее подходящими для применения в портативных устройствах относительно небольшого размера являются топливные элементы с низкой рабочей температурой. Однако для обеспечения приемлемой скорости прохождения химических реакций в таких элементах необходимо использовать катализаторы. В настоящее время применяются катализаторы из платины и ее сплавов. Учитывая относительно небольшие природные запасы этого вещества, а также его высокую стоимость, одной из главных задач разработчиков источников питания на базе топливных элементов является поиск и создание новых катализаторов.

Существенным недостатком топливных элементов является очень малая плотность тока. Это связано: во-первых, с тем, что мала скорость самих электрохимических реакций, что приводит к сильной поляризации электродов; во-вторых, с тем, что газы слабо растворяются в электролите, поэтому скорость подачи активных веществ к электродам также мала. Для увеличения плотности тока используют: повышенные давления и температуры, специальные конструкции электродов (шероховатые, пористые, двухслойные, мембранные и др.), перемешивание раствора и т.п.

Выводы. Перспективное направление применения топливных элементов – использование их совместно с возобновляемыми источниками энергии, например, фотоэлектрическими панелями или ветроэнергетическими

установками. Такая технология позволяет полностью избежать загрязнения атмосферы.

В настоящее время в качестве одного из источников энергии чаще всего используются солнечные батареи. Разработаны проекты использования фотоэлектрических панелей для получения водорода и кислорода из воды методом электролиза. Затем водород используется в топливных элементах для получения электрической энергии и горячей воды. Это позволяет поддерживать работоспособность всех систем при облачных днях и в ночное время.

За последние годы достигнуты существенные успехи в области топливной энергетики. Коммерциализация в этой области пока тормозится высокими капитальными затратами. Решением этой проблемы заняты высококвалифицированные научные сотрудники и инженеры во всем мире. Доля энергии, полученной с применением технологий топливной энергетики, неустанно растет.

Использованные источники:

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Учебник / Л.А. Бессонов. - М.: Юрайт, 2016. - 702 с.
2. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1991. 264с.
3. Рогачев Н.М. Курс физики: учеб. пособие / Н.М. Рогачев. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 480 с.: ил.
4. Свидерская О. В. Основы энергосбережения; ТетраСистемс - Москва, 2009. - 176 с.