

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ (ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ)

Н.Ю.Фоменко, магистрант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

г. Томск, Россия

fomenko213@yandex.ru

Топливные элементы – это электрохимические генераторы для прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую. Они принципиально отличаются от всех генераторов электроэнергии тем, что в них химическая энергия преобразуется в электрическую, минуя стадию превращения в тепловую энергию. Коэффициент полезного действия любой тепловой машины не может превышать определенной величины, зависящей, от температуры рабочего тела (пара или газа) на входе и выходе тепловой машины, в то время как КПД электрохимического источника тока не связан с этим ограничением. Наиболее высокий КПД паровых турбин и двигателей внутреннего сгорания не превышает 40–45 %, а у современных водородно-кислородных топливных элементов он достигает 70 %.

Время работы обычных гальванических элементов и аккумуляторов ограничено запасом активных веществ, после использования которых гальванические элементы выходят из строя, а аккумуляторы требуют заряда от внешнего источника электроэнергии для восстановления запаса активных веществ. Топливные элементы отличаются от этих источников тока тем, что в них непрерывно подаются топливо и окислитель и непрерывно отводятся продукты реакции, благодаря чему они могут работать без остановок длительное время. В этом электрохимические генераторы сходны с двигателями внутреннего сгорания, но по сравнению с последними топливные элементы имеют ряд эксплуатационных преимуществ: они работают при низкой температуре, бесшумно, без вредных выхлопных газов, выдерживают высокие перегрузки, их к. п. д. растет с уменьшением нагрузки. Все эти качества очень, полезны во многих случаях применения этих автономных источников тока.

В топливных элементах протекает, в конечном счете, тот же процесс горения топлива, что и в топках или двигателях внутреннего сгорания — взаимодействие топлива с кислородом. Однако процесс этот идет даже при комнатной температуре, поэтому такое горение в отличие от обычного можно назвать “холодным горением” [1].

История и современное использование топливных элементов

Активное развитие технологий использования топливных элементов началось после Второй мировой войны, и связано оно с аэрокосмической отраслью. В это время велись поиски эффективного и надежного, но при этом достаточно компактного источника энергии. В 1960-х годах специалисты НАСА (National Aeronautics and Space Administration, NASA) выбрали топливные элементы в качестве источника энергии для космических кораблей программ «Apollo» (пилотируемые полеты к Луне), «Apollo-Soyuz», «Gemini» и «Skylab». На корабле «Apollo» были использованы три установки мощностью 1,5 кВт (пиковая мощность 2,2 кВт), использующие криогенный водород и кислород для производства электроэнергии, тепла и воды. Масса каждой установки составляла 113 кг. Эти три ячейки работали параллельно, но энергии, вырабатываемой одной установкой, было достаточно для безопасного возвращения. В течение 18 полетов топливные элементы наработали в общей сложности 10 000 часов без каких-либо отказов. В настоящее время топливные элементы применяются в космических кораблях многоразового использования «Space Shuttle», где используются три установки мощностью 12 Вт, которые вырабатывают всю электрическую энергию на борту космического корабля. Вода, получаемая в результате электрохимической реакции, используется в качестве питьевой, а также для охлаждения оборудования.

В нашей стране также велись работы по созданию топливных элементов для использования в космонавтике. Например, топливные элементы использовались для энергоснабжения советского корабля многоразового использования «Буран».

Разработки методов коммерческого использования топливных элементов начались в середине 1960-х годов. Эти разработки частично финансировались государственными организациями.

В настоящее время развитие технологий использования топливных элементов идет в нескольких направлениях. Это создание стационарных электростанций на топливных элементах (как для централизованного, так и для децентрализованного энергоснабжения), энергетических установок транспортных средств (созданы образцы автомобилей и автобусов на топливных элементах, в т. ч. и в нашей стране), а также источников питания различных мобильных устройств (портативных компьютеров, мобильных телефонов и т. д.).

Примеры использования топливных элементов в различных областях приведены в табл. 1.

Одной из первых коммерческих моделей топливных элементов, предназначенных для автономного тепло- и электроснабжения зданий, стала модель «PC25 Model A» производства компании «ONSI Corporation» (сейчас «United Technologies, Inc.»). Этот топливный элемент номинальной мощностью 200 кВт относится к типу элементов с электролитом на основе ортофосфорной кислоты (Phosphoric Acid Fuel Cells, PAFC). Большинство предыдущих моделей были экспериментальными или испытательными образцами, например, модель «PC11» мощностью 12,5 кВт, появившаяся в 1970-х годах. В новых моделях увеличивалась мощность, снимаемая с отдельной топливной ячейки, а также уменьшалась стоимость киловатта произведенной энергии. В настоящее время одной из самых эффективных коммерческих моделей является топливный элемент «PC25 Model C». Как и модель «A», это полностью автоматический топливный элемент типа PAFC мощностью 200 кВт, предназначенный для установки непосредственно на обслуживаемом объекте в качестве автономного источника тепло- и электроснабжения. Такой топливный элемент может устанавливаться снаружи здания. Внешне он представляет собой параллелепипед длиной 5,5 м, шириной и высотой 3 м, массой 18 140 кг. Отличие от предыдущих моделей – усовершенствованный реформер и более высокая плотность тока.

Таблица 1. Область применения топливных элементов

Область применения	Номинальная мощность	Примеры использования
Стационарные установки	5–250 кВт и выше	Автономные источники тепло- и электроснабжения жилых, общественных и промышленных зданий, источники бесперебойного питания, резервные и аварийные источники электроснабжения
Портативные установки	1–50 кВт	Дорожные указатели, грузовые и железнодорожные рефрижераторы, инвалидные коляски, тележки для гольфа, космические корабли и спутники
Мобильные установки	25–150 кВт	Автомобили (опытные образцы создали, например, «DaimlerCrysler», «FIAT», «Ford», «General Motors», «Honda», «Hyundai», «Nissan», «Toyota», «Volkswagen», ВАЗ), автобусы (например, «MAN», «Neoplan», «Renault») и другие транспортные средства, военные корабли и субмарины
Микроустройства	1–500 Вт	Мобильные телефоны, ноутбуки, карманные компьютеры (PDA), различные бытовые электронные устройства, современные военные приборы

В некоторых типах топливных элементов химический процесс может быть обращен: при подаче на электроды разности потенциалов воду можно разложить на водород и кислород, которые собираются на пористых электродах. При подключении нагрузки такой регенеративный топливный элемент начнет вырабатывать электрическую энергию.[2]

Перспективность электрохимии

К числу достоинств топливных элементов относятся: высокий КПД, низкая токсичность, бесшумность, модульная конструкция (имея, скажем, киловаттные топливные элементы, можно собирать из них установки большой мощности), многообразие первичных видов топлива, широкий интервал мощности. Проникновение их на рынок сдерживается прежде всего высокой себестоимостью по электроэнергии и малым ресурсом. Наибольший ресурс у твердополимерных топливных элементов - (2–5) тыс. часов работы, требуемый же срок службы - (20–30) тыс. часов.

Что касается коммерциализации электрохимических генераторов на топливных элементах, то около 100 компаний участвует в их демонстрационных испытаниях, достигнута установленная мощность в 50 МВт. Потребность децентрализованной стационарной энергетики (мощность электрохимических генераторов от 5 кВт до 10 МВт) - 100 тыс. МВт за 10 лет. Сейчас 1 кВт установленной мощности стоит более 3 тыс. долл., приемлемая цена - 1 тыс. долл. Потребности автотранспорта в электрохимических генераторах на топливных элементах (мощность 15–100 кВт) - 500 тыс. штук в год. Сейчас стоимость одного такого генератора более 3 тыс. долл., приемлемая цена - 50–100 долл. Таким образом, необходимо многократное снижение стоимости стационарных топливных элементов и десятикратное - стоимости топливных элементов для транспорта.

Учитывая потребности рынка, программа бюджетных инвестиций США предполагает в ближайшие 10 лет вложить 5.5 млрд. долл. в развитие технологии топливной энергетики, промышленные компании - почти в 10 раз больше.

Россия на уровне системного понимания проблемы топливных элементов несколько не уступает Западу. Десятки отечественных институтов так или иначе работают над этой проблемой в кооперации с международными компаниями. Отечественная компания "Пластполимер" предполагает построить в Европе один из заводов по производству полимерной пленки для твердополимерных топливных элементов.

В комплексной программе поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам запланировано исследование палладия. Металл платиновой группы палладий является одним из основных материалов для топливных элементов и всей водородной энергетики. На его основе изготавливаются катализаторы, мембранные аппараты для получения чистого водорода, материалы с повышенными функциональными характеристиками, топливные элементы, электролизеры, сенсоры для определения водорода. Палладий может эффективно накапливать водород, особенно нанопорошок палладия.

Перспективное направление использования топливных элементов - использование их совместно с возобновляемыми источниками энергии, например, фотоэлектрическими панелями или ветроэнергетическими установками. Такая технология позволяет полностью избежать загрязнения атмосферы. Подобную систему планируется создать, например, в учебном центре Адама Джозефа Льюиса в Оберлине. В настоящее время в качестве одного из источников энергии в этом здании используются солнечные батареи. Совместно со специалистами НАСА разработан проект 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 позволит зданию поддерживать работоспособность всех систем при облачных днях и в ночное время.[3]

Список литературы:

1. <http://worldtek.ru/>
2. <http://www.abok.ru/>
3. <http://perst.issph.kiae.ru/>