

## ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Закревский И. Е.

Ясюкевич Л. В. – канд. техн. наук, доцент

В работе представлен краткий обзор истории создания, принципа работы, современных модификаций и возможностей практического использования топливных элементов в мобильной электронике.

Основной тенденцией в мобильной электронике является уменьшение размеров и, в то же время, увеличение производительности устройств. Обычных аккумуляторов становится явно недостаточно для питания последних достижений электронной индустрии в течение существенного промежутка времени. Без надежных и емких батарей теряется весь смысл мобильности. Наиболее перспективным направлением развития в этом вопросе, на сегодняшний день, является использование топливных элементов.

Топливные элементы — химические источники тока непрерывного действия, в которых окислитель и восстановитель не заложены заранее в рабочую зону, а подаются непрерывно к электродам, которые не расходуются [1]. В элементе происходит беспламенное сжигание топлива и непосредственное превращение выделяющейся энергии в электричество. Реакции окисления топлива и восстановления кислорода пространственно разделены, и процесс «сжигания» протекает, только если элемент отдает ток в нагрузку. В качестве горючего могут применяться водород, уголь, окись углерода, спирты, гидразин, другие органические вещества, в качестве окислителей — воздух, перекись водорода, хлор, бром, азотная кислота и т. д.

Топливные элементы были открыты в 1839 году Вильямом Гровом, когда он изучал электролиз воды. Открытие процесса электрохимического «холодного» горения водорода стало знаменательным событием в энергетике, в дальнейшем такие известные электрохимики, как Оствальд и Нернст, сыграли большую роль в развитии теоретических основ и практической реализации топливных элементов. Развитие топливных элементов энергично продолжалось как за рубежом, так и в России, а далее и в СССР. Одним из ученых, сделавшим крупный вклад в развитие топливных элементов, был П. М. Спиридонов. Водород-кислородные элементы Спиридонова давали плотность тока  $30 \text{ mA/cm}^2$ , что для своего времени считалось большим достижением. В сороковые годы О. Давтян создал установку для электрохимического сжигания генераторного газа, получаемого газификацией углей. Это был первый топливный элемент на твердом электролите. Он имел высокий КПД, но со временем электролит приходил в негодность, и его нужно было менять. В те же годы английский инженер Т. Бэкон доработал конструкцию топливных элементов: заменил платину, используемую в качестве катализатора, на никель, а серную кислоту — на щелочной электролит, тем самым уменьшив стоимость и увеличив время работы подобных устройств. В 1959 г. он сконструировал батарею топливных элементов с КПД 80 % и общей мощностью 6 кВт, однако её размеры были слишком велики для практического применения. С середины 60-ых топливными элементами заинтересовались создатели космических аппаратов. В 1965 г. топливные элементы были испытаны в США на космическом корабле «Джемини-5», на кораблях «Аполлон» для полетов на Луну и по программе «Шаттл». В СССР топливные элементы разрабатывали в НПО «Квант» для использования в космосе. В те же годы появились новые материалы — твердополимерные электролиты на основе ионообменных мембран, новые типы катализаторов, электродов [2].

Наиболее перспективными современными моделями топливных элементов, используемых в мобильной электронике, являются водородно-кислородные и прямые метанольные топливные элементы.

Водородно-кислородный топливный элемент. На катализаторе анода молекулярный водород диссоциирует и теряет электроны по реакции:  $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ . Протоны проводятся через мембрану к катоду, а электроны отдаются во внешнюю цепь, так как мембрана не пропускает электроны. На катализаторе катода молекула кислорода соединяется с электроном и протоном, и образует воду, которая является единственным продуктом реакции:  $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$ . Результирующая реакция  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  — такая же, что и при обычном горении, но в топливном элементе получается электрический ток с большой эффективностью. Топливные элементы считаются экологически чистыми, так как конечным продуктом сгорания водорода является вода [3]. Основная проблема заключается только в нахождении эффективного и недорогого способа получения водорода.

Применение водородно-кислородных топливных элементов в мобильной электронике.

Устройство компании Horizon состоит из трех частей, которые работают по следующему алгоритму: выработка водорода -> заполнение топливных элементов водородом -> трансформация водорода в электрическую энергию. Первая часть системы, HydroFILL, извлекает водород из воды путем электролиза. Для осуществления этого процесса разработчики снабдили HydroFILL солнечной батареей. Далее водород накапливается в топливных элементах Hydrostiks. Заполняется топливный элемент примерно час. В свою очередь, топливные элементы вставляются в зарядное устройство MiniPAK. Для сравнения, стандартная батарейка в шесть раз уступает такой водородной батарейке в энергоемкости. Hydrostik способен накопить 12 Ватт-часов энергии, а вот обычная батарейка формата AA — всего 2 Ватт-часа.

Портативная топливная ячейка Powertrek. Она состоит из двух функциональных элементов: топливная ячейка и емкая аккумуляторная батарея на 1600 мА. Таким образом, в любой момент топливная ячейка готова к использованию. Топливный элемент включает емкость с силицидом натрия для производства водорода, который затем рекомбинируется с кислородом в протонообменной мембране, производя ток в 1000 мА. Данное

решение достаточно удачное, поскольку у пользователя нет необходимости носить с собой емкость с чистым водородом. Кроме того, аккумуляторная батарея устройства постоянно заряжена, поскольку процесс производства электричества непрерывен (при условии смачивания камеры с силицидом натрия водой) [4].

Horizon Fuel Cell Technologies анонсировали автоконструктор. Из набора деталей можно собрать карт, мотор которого работает от топливной водородной ячейки. В дополнение к основному двигателю машина оснащается солнечной батареей, благодаря которой вырабатывается энергия, необходимая для запуска процесса выделения водорода из воды. Как можно увидеть из приведенных примеров, комбинация водородные топливные элементы + солнечные батареи является крайне перспективной.

Прямой метанольный топливный элемент. Работа этих элементов основана на реакции окисления метанола до диоксида углерода на катализаторе. Принципиальная разница между водородным и метанольным топливными элементами заключается в применяемом катализаторе. Катализатор в метанольном топливном элементе позволяет отрывать протоны непосредственно от молекулы спирта. Таким образом, решается вопрос с топливом — метиловый спирт массово производится для химической промышленности, его легко хранить и транспортировать, а для зарядки метанольного топливного элемента достаточно просто заменить картридж с топливом. Правда, есть один значительный минус — метанол токсичен. К тому же эффективность метанольного топливного элемента значительно ниже, чем у водородного [2, 3].

Применение метанольных топливных элементов в мобильной электронике.

UMPC компании Toshiba, показанный на CES 2008, использует в качестве источника питания в котором использован топливный элемент с прямым расходом метанола. Данный экземпляр может работать в режиме ожидания до 3000 часов [5].

Лэптоп Toshiba с DMFC-зарядником. Один заряд которого даёт 10 часов активной работы ноутбука.

Компактные и ёмкие топливные элементы в перспективе позволят военным инженерам добиться успеха в проектах по созданию «умного» обмундирования для военных целей. Продолжительность работы ТЭ составляет 96 часов. При этом они способны стабильно выдавать напряжение в 200 Вольт мощностью 20 Ватт, вес комплекта составляет не больше 4 кг. Для полной заправки достаточно всего 300 граммов метанола. Эти характеристики топливных элементов весьма привлекательны для активной их эксплуатации в мобильной электронике, используемой в армии.

Компания PolyFuel опубликовала информацию о том, что ее специалистам удалось создать блок топливных элементов с рекордной плотностью энергии 500 Вт/л. Такой показатель — однозначный прорыв в области технологии преобразования метанола (DMFC). Мало того, созданная PolyFuel батарея способна выдавать 56 Вт мощности, что вдвое больше, чем на данный момент требуется большинству ноутбуков [4].

Главным недостатком топливных элементов является тот факт, что катализатором большинства реакций выступает платина, цена которой доходит до 2000 US \$ за 30 г. Но прогресс не стоит на месте. Исследовательская группа из Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) заявила, что ей удалось получить дешевый, эффективный и долговечный катализатор без использования дорогостоящей платины для топливных электрохимических элементов, работающих на водородно-кислородном цикле [5]. Перебрав несколько альтернативных вариантов, американские химики нашли бесплатиновый рецепт катализатора — им оказалась сложносоставная композиция из кобальта, углерода и железа, получаемая по строго определенной технологии при участии полианилина — полимера, обладающего электронной проводимостью за счет специфических азотных связей между кольцами [6]. Финальная окислительная реакция с образованием воды идёт по наиболее полному окислительному циклу без побочного выхода перекиси водорода, для нежной полимерной мембраны крайне нежелательной. Второй особенностью стало устойчивое поведение катализатора в циклах включения и выключения тока, что тоже очень важно, учитывая режимы, в которых топливные элементы и должны работать, снабжая энергией всякого рода мобильные устройства.

Перспективы применения топливных элементов в мобильной электронике определяются на сегодняшний день следующими их преимуществами.

Высокий КПД: у топливных элементов нет жёсткого ограничения на КПД, как у тепловых машин. Предельным КПД дизель-генераторных установок, в виду сложности их строения, является 42 %. Высокий КПД достигается благодаря прямому превращению энергии топлива в электроэнергию. У существующих топливных элементов КПД составляет 60-80 %. КПД почти не зависит от коэффициента загрузки.

Экологичность: в воздух выделяется лишь водяной пар, что является безвредным для окружающей среды. Компактные размеры: топливные элементы легче и занимают меньший размер, чем традиционные источники питания. Топливные элементы производят меньше шума, меньше нагреваются, более эффективны с точки зрения потребления топлива.

В будущем применение топливных элементов позволит сократить затраты на логистику, снизить вес, продлить время действия приборов и оборудования. Топливные элементы уже практически вышли на рынок мобильной электроники. Производителям осталось решить последние технические задачи перед тем, как начать массовый выпуск.

Список использованных источников:

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Топливные\\_элементы](http://ru.wikipedia.org/wiki/Топливные_элементы).
2. <http://www.sae.org/fuelcells/fuelcells-history.htm>.
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell).
4. <http://habrahabr.ru/>.
5. [http://www.gazeta.ru/science/2011/04/22\\_a\\_3591505.shtml](http://www.gazeta.ru/science/2011/04/22_a_3591505.shtml).
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/Polyaniline>.