

УДК 621.352.6

РАСПЛАВНОЙ КАРБОНАТНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Ю.В. Махарадзе, студент гр. ЭЛб-161 (КузГТУ)

Е.Ю. Мельник, студент гр. ЭЛб-161 (КузГТУ)

В.А. Андреев, ассистент (КузГТУ)

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Топливный элемент

Топливный элемент – это электрохимический источник ЭДС, с помощью которого химическая энергия, возникающая в результате электрохимических реакций активных веществ, непрерывно поступающих извне к электродам, напрямую преобразуется в электрическую.

Виды топливных элементов

На данный момент известны шесть видов топливных элементов во многом отличающихся друг от друга по ряду параметров.

1. ЩТЭ – топливные элементы со щелочным электролитом (Alkaline fuel cells – AFC);
2. ТПТЭ – топливные элементы с твердополимерным электролитом ТЭ с протонно-обменной мембраной (Proton-exchange membrane fuel cell – PEMFC).
3. МТЭ – метанольные топливные элементы (Direct-methanol fuel cell – DMFC);
4. ФКТЭ – топливные элементы с фосфорнокислым электролитом (Phosphoric-acid fuel cells – PAFC);
5. РКТЭ – топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом (Molten-carbonate fuel cells – MCFC)
6. ТОТЭ – топливные элементы с твердооксидным электролитом (Solid-oxide fuel cells – SOFC);

Перечисленные топливные элементы различаются по рабочей температуре. Для эксплуатации низкотемпературных ТЭ необходим водород высокой очистки. Это увеличивает затраты энергии на обработку первичного топлива, природного газа и преобразования его в водород. Не говоря о том, что это требует дополнительного оборудования. Высокотемпературные ТЭ такие как РКТЭ и ТОТЭ выгодно отличаются от ТЭ работающих на более низких

температурах тем, что способны на внутренне преобразование топлива, следовательно, нет необходимости в специальной обработке и преобразовании природного газа в водород. Подробнее остановимся на РКТЭ.

РКТЭ

РКТЭ – Топливный элемент в котором в качестве электролита применяют расплавленные карбонатные соли. На сегодняшний день применяют два вида солей: карбонат лития и карбонат калия или карбонат лития и карбонат натрия.

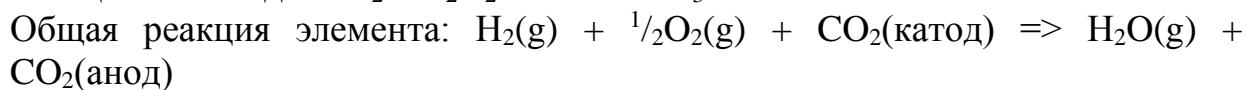
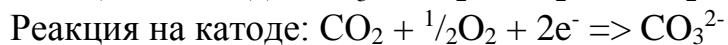
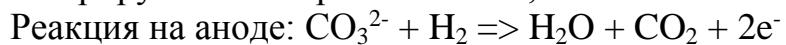
Таблица 1. Технические параметры РКТЭ

Технические параметры	Электролит	Рабочая температура оС	Топливо	Материал анода	Материал катода	Диапазон мощностей	Напряжение, В	Ресурс, ч
РКТЭ	$\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$	620÷700	$\text{H}_2 + \text{C}$ O, CH_4	Ni+Cr	$\text{NiO} + \text{Li}_2\text{O}$	≥ 1 МВт	0,7÷0,8	До 20 000

Высокая температура, при которой эксплуатируется данный вид ТЭ, значительно увеличивает кинетику реакции, следовательно, нет необходимости использовать драгоценные металлы в качестве катализатора реакции.

Процесс генерации энергии

После нагрева солей карбоната до температуры 650°C, соли обращаются в проводники ионов карбоната (CO_3^{2-}). Далее ионы проходят от катода на анод, где происходит объединение с водородом с образованием воды, диоксида углерода и свободных электронов. Электроны в свою очередь направляются по внешней электрической цепи обратно на катод, при этом генерируется электрический ток, а в качестве побочного продукта – тепло.



Основные преимущества и недостатки РКТЭ

На сегодняшний день, довольно огромное внимание уделяется разработке расплавленных карбонатных топливных элементов (РКТЭ) для газовых и

угольных электростанций. РКТЭ более устойчивы к загрязнениям топлива, чем другие типы топливных элементов. Данное преимущество позволяет им перерабатывать уголь, который предварительно будет размолот до порошкового вида и окисленного до состояния углекислого газа. Также РКТЭ способны использовать в качестве топлива шахтовый метан. Основным недостатком современных РКТЭ является их недолговечность. Высокие температуры, при которых работает РКТЭ, и коррозийный электролит ускоряют износ и ржавление деталей оборудования. В данный момент ученые стараются устранить этот недостаток, тестируя детали из коррозионностойких материалов и конструкции топливного элемента, которые увеличат срок службы, при этом не снижая производительность. Поскольку топливные элементы эксплуатируются при высоких температурах $500^{\circ}\text{C} \div 650^{\circ}\text{C}$, в качестве катализаторов на стороне анода и катода могут использоваться недрагоценные металлы. Что существенно снижает затраты. Одно из ведущих преимуществ РКТЭ это то, что они преобладают довольно большим, по сравнению с другими топливными элементами, электрическим КПД около 60%.

Экономика

Аргоннской национальной лабораторией (Argonne National Laboratory) был проведен анализ производительности и затрат для топливной системы на расплавленном карбонате в топливных элементах (РКТЭ) с мощностью 300 кВт (табл. 2).

Таблица 2. Примерные затраты применения РКТЭ

Капитальные вложения	36 800\$ (2 097 600 руб.)
Оплата кредита	В Год 278 902 руб.
Мониторинг	В Год 170 617 руб.
Труд	В Год 42 654 руб.
Амортизация	В год 72 796 руб.
Эксплуатация и обслуживание	В год 17 061 руб.
Желаемая норма прибыли	10%
Стоимость электричества установки за кВт·ч	5,69÷8,53 руб.
Стоимость электричества установки за год	3 160 120÷4 440 092 руб.

По расчетам Аргоннской национальной лаборатории стоимость за 1 кВт·ч для топливной системы составило – 0,10÷0,15\$ (5,69÷8,53 руб.), такая цена для России покажется дорогой, средняя цена в России составляет – 5,1 руб., но средняя стоимость киловатта в США составляет – 0,13\$ (7,3 руб.).

Экология

С точки зрения экологии, топливные элементы показывают себя положительно, в воздух выделяется лишь водяной пар, который не наносит вреда окружающей среде. Топливные элементы производят меньше шума, если сравнивать с любой электростанцией. Они меньше нагреваются относительно ТЭЦ или АЭС и более эффективны с точки зрения потребления топлива.

Несмотря на высокую стоимость ЭУ, потребители за рубежом находятся сейчас в активном ее использовании – это отели, университеты, больницы, водоочистительные станции, телекоммуникационные центры, коммерческие и промышленные объекты. В недалеком будущем электрохимические установки могут широко использоваться для децентрализованного и автономного энергоснабжения отдаленных поселков и небольших городов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, нефтяных платформ и газотранспортных магистралей.

Список литературы

1. Коровин, Н.В. Топливные элементы и электрохимические установки [Текст] / Н.В. Коровин. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 208 с.: ил.
2. Коровин, Н.В. Электрохимическая энергетика [Текст] / Н.В. Коровин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.
3. Чирков, Ю.Г. Любимое дитя электрохимии [Текст] / Ю.Г. Чирков. – М.: Знание, 1985. – 176 с.
4. Эльверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства. Справочник [Текст] / пер. с англ. под. ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Професия», 2012. – 416 с. [Barbara Elvers. Handbook of Fuels. Energy Sources Transporta-tion. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, 2008]
5. Юсти, Э., Винзель, А. Топливные элементы [Текст] / пер. с нем И.Г. Гу-ревича, Л.А. Матусевич, В.Ш. Паланкера, А.И. Яременко; пер. с англ. Е.Г. Кузнецовой; под ред. акад. А.В. Лыкова и проф. В.С. Багоцкого. – М.: Мир, 1964. – 480 с. [Eduard W. Justi, August W. Winsel. Kalte Verbrennung. Fuell Cells. Franz Steiner Verlag GmbH. Wiesbaden, 1962]