
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 | $\text{H}_2 + \text{C}$ О, CH_4 | Ni+Cr | NiO+Li ₂ 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°С, 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.

Реакция на аноде: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2 \Rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$

Реакция на катоде: $\text{CO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- \Rightarrow \text{CO}_3^{2-}$

Общая реакция элемента: $\text{H}_2(\text{г}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{катод}) \Rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{анод})$

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 коррозионный 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 недорогие 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 – $0,10 \div 0,15$ \$ (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. Элверс, Б. Топлива. Производство, применение, свойства. Справочник [Текст] / пер. с англ. под ред. Т.Н. Митусовой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2012. – 416 с. [Barbara Elvers. Handbook of Fuels. Energy Sources Transportation. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, 2008]
5. Юсти, Э., Винзель, А. Топливные элементы [Текст] / пер. с нем И.Г. Гуревича, 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]