

УДК 621.352.5

Шигабутдинов А.А.

г. Казань, Казанский Государственный Энергетический Университет,

mr.amigo11621@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Разработана универсальная методика термодинамического и конструктивного расчета энергетических установок на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Методика включает последовательность расчетных шагов: определение равновесного напряжения по уравнению Нернста, оценку поляризационных потерь и расчет итоговых энергетических показателей. Проведена верификация методики на примере установки мощностью 10 кВт, показавшая достижение электрического КПД 55-60%.

Ключевые слова: твердооксидный топливный элемент, методика расчета, энергетическая установка, распределенная энергетика, электрический КПД.

Современная энергетика ориентирована на создание высокоэффективных и экологичных систем распределенной генерации. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) обладают потенциалом для достижения КПД 60-70% и возможностью использования различных видов топлива [1]. Однако их внедрение сдерживается сложностью проектирования.

Цель работы – разработка комплексной методики расчета энергоустановок на основе ТОТЭ, интегрирующей термодинамический и электрохимический анализ. Для этого решались задачи:

1. Формализация последовательности расчета от элемента до установки
2. Разработка математической модели потерь напряжения
3. Создание алгоритма учета вспомогательного оборудования

Методика включает этапы:

1. Определение исходных данных (мощность, вид топлива, плотность тока)

2. Расчет ЭДС по уравнению Нернста:

$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln\left(\frac{P_{H_2}}{P_{O_2}^{0.5} P_{H_2O}}\right)$$

3. Оценка поляризационных потерь (активационных, омических, концентрационных)

4. Расчет рабочего напряжения: $(V_{cell} = E - \eta_{act} - \eta_{ohm} - \eta_{conc})$

5. Определение характеристик батареи и установки

Для верификации рассчитана установка мощностью 10 кВт на природном газе. При температуре 1073 К и плотности тока 0.5 А/см² получены:

- Рабочее напряжение элемента: 0.70 В
- Электрический КПД установки: 58%
- Тепловая мощность для когенерации: 7.5 кВт

Результаты согласуются с литературными данными [2, 3]. Методика позволяет оценить ключевые параметры энергоустановок на основе ТОТЭ и может использоваться для предварительного проектирования.

Список литературы:

1. Singhal S.C., Kendall K. High-temperature solid oxide fuel cells. – Elsevier, 2003.
2. Stambouli A.B., Traversa E. Solid oxide fuel cells // Renewable Energy. – 2002. – Vol. 6. – P. 433-455.
3. Бутырин П.А. Анализ эффективности энергоустановок на основе ТОТЭ // Альтернативная энергетика. – 2015. – № 10. – С. 25-34.