

ВОДОРОД – ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

Петрова А.Н.¹, Бондаренко С.И.², Самаркина Е.В.³

¹ – студент гр. ЦЭМ-19, Институт энергетики,

² – к.т.н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники,

sibon@istu.edu

³ – к.т.н., зав. кафедрой теплоэнергетики,

ekatsamar@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

В настоящее время, согласно Государственной программе РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики», одной из приоритетных задач в области энергетики является энергосбережение и повышение энергетической эффективности промышленного производства. Быстрый рост мирового потребления энергоресурсов, уменьшение запасов традиционных источников энергии, ухудшение состояния окружающей среды и увеличение стоимости электроэнергии заставляют искать пути сокращения ее потребления и возможных технологий с использованием альтернативных (возобновляемых) источников. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это источники, которые по человеческим масштабам считаются неисчерпаемыми. Главный принцип использования ВИЭ заключается в извлечении её из постоянно происходящих процессов и использования для потребностей человека. Одним из видов альтернативной и возобновляемой энергетики является водородная энергетика.

Водород является уникальным энергоносителем и за счет процессов прямого электрохимического преобразования энергии в электролизерах и топливных элементах. Он может применяться для аккумулирования электрической энергии. Вода является подходящим элементом системы водородного накопления энергии. При этом процесс аккумулирования энергии не сопровождается выделением вредных веществ и является экологически чистым [1].

В настоящее время водород производится, в основном, для технологических целей. Мировое производство водорода составляет около 520 млрд. м³/год и используется только как технологический продукт в промышленности, при производстве аммиачных удобрений, синтетических материалов, стекла, металлов, продуктов питания [2].

Цель проведенных исследований состоит в рассмотрении систем хранения водорода, расчёте систем электроснабжения от автономной электростанции с использованием

водородной энергетики для предприятия, расположенного в г. Владивосток с нагрузкой 30 МВт, и сравнение полученных данных с питанием предприятия от единой энергосистемы.

Источники возобновляемой энергии генерируют излишки электрической энергии, которая может быть переведена в водород с помощью процесса электролиза воды, накоплена в системе хранения водорода, а затем отдана потребителю с помощью топливных элементов. Производимый водород необходимо хранить для дальнейшего его использования. Для обратимого хранения водорода существуют несколько возможностей:

- a) Хранение жидкого водорода при низких температурах;
- b) Хранение водорода в гидридах металлов;
- c) Хранение газообразного водорода под давлением.

Эффективность систем хранения жидкого водорода характеризуется массовым коэффициентом (отношение массы водорода к массе водорода и системы хранения в процентах), равным 20%, а также удельной плотностью водорода $0,071 \text{ г/см}^3$. Однако, сам процесс перевода водорода в жидкое состояние требует расхода около трети, заложенной в нем энергии, что требует существенных материальных затрат. Поэтому, криогенное хранение водорода становится эффективным лишь для специальных целей (космическая техника и глубоководная техника, специальный транспорт).

Водород растворяется в таких металлах как, палладий, никель, магний, железо, титан, ванадий. Эта особенность используется для создания систем его хранения в виде металлгидрида. Вместе с тем, следует учитывать, что водород самый легкий и текучий газ.

Для создания системы хранения водорода в сжатом виде с хорошими массогабаритными характеристиками необходимо использовать высокое давление, и, соответственно, требования к герметичности элементов таких систем предъявляются существенно более высокие.

На рис. 1 представлено сравнение стоимости современных систем хранения водорода. Для расчета принята наиболее экономную систему хранения с использованием жидкого раствора борогидрида натрия (SBH), цена $\$5/\text{кВт}\times\text{ч}$. Самым главным недостатком данной системы является её большой удельный вес, что не является проблемой для неподвижной системы.

Огромный потенциал возобновляемых источников энергии, снижение стоимости технологий солнечной и ветровой энергетики, является хорошей предпосылкой для получения в будущем дешевого водорода, получаемого за счет электролиза воды. Таким образом, может появиться энергоноситель, использование которого не будет приводить к выбросам в атмосферу парникового газа, а также токсичных продуктов, как в случае сжигания органического топлива (монооксид углерода, оксид азота, углеводород) [3].

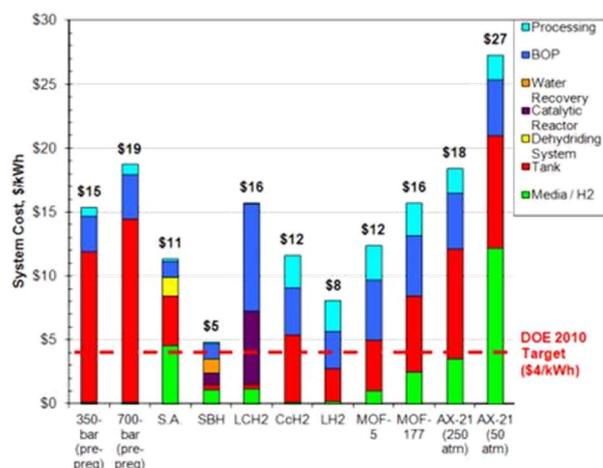


Рисунок 1- Сравнение стоимости систем хранения водорода

Для аккумуляции энергии в системах на основе водородного цикла в электролизере происходит разложение воды на водород и кислород, которые хранятся затем в баллонах высокого давления и преобразуются в электроэнергию в топливном элементе. Преимущество такой системы аккумуляции – возможность достижения высокой энергоёмкости, а недостаток – относительно низкий к.п.д., не превышающий 40 %.

Электрическая энергия вырабатывается на солнечных фотоэлектрических станциях (СФЭС), совмещенных с ветровой электростанцией (ВЭС) и передается потребителям, где осуществляется её использование в светлое время суток, а также идёт накопление энергии в водороде за счет его производства в электролизной установке (ЭУ). Далее осуществляется централизованная генерация энергии в топливных элементах (ТЭ) для энергоснабжения в темное время суток и сезоны с дефицитом солнечной радиации (рис. 2).

В работе рассматривалась возможность замены на производственном предприятии дуговых сталеплавильных печей (ДСП) на плавильные газовые печи (ПГП), использующие водород в качестве топлива (рис. 3,4). Использование водорода, в качестве топлива для плавильных печей позволит в короткие сроки включать и выключать печи по необходимости. График нагрузки, в котором 8 часов в сутки работают на полную мощность 4 ПГП, аналог ДСП мощностью 2800 кВт, и 5 часов 2 ПГП, представлен на рисунке 4.

Допускается возможность разброса нагрузки на 10% - в сутки и на 20% - в час.

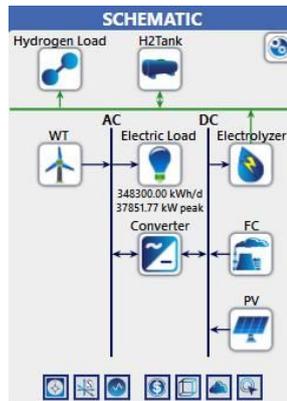


Рисунок 2 - Схема электроснабжения, смоделированная в программе Homer Pro 3.8.7

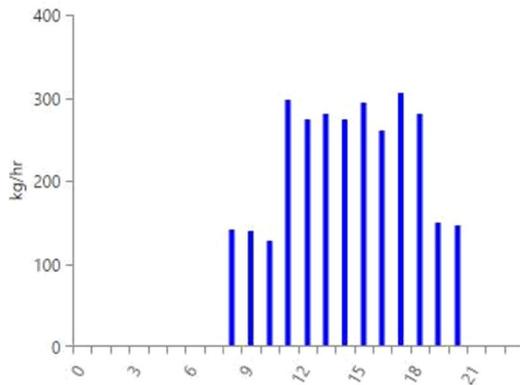


Рисунок 3 - График водородной нагрузки для ППП (в среднем 2940 кг/сут)

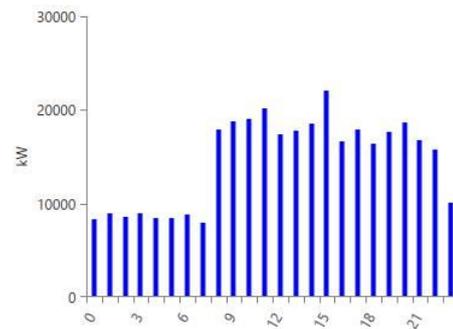


Рисунок 4 - График электрической нагрузки (в среднем – 346 МВт×ч/сут)

В результате многочисленных итераций, проведенных в программе Homer Pro 3.8.7, удалось найти оптимальный вариант комплектации электростанции: СФЭС – 115 000 кВт, ВГ – 8 800 кВт, ТЭ – 22 000 кВт, электролизер – 90 000 кВт, система хранения водорода – 280 т., инвертор – 22 000 кВт - и произвести сравнение вариантов электроснабжения предприятия от автономной электростанции, работающей на ВИЭ (вариант 1), и от ЕЭС (вариант 2), с учётом средней цены за 1 кВт×ч за 25 лет – \$0,126 и капитальных затрат – \$312 млн.

Суммарные затраты на элементы системы электроснабжения по 1 варианту (Converter; Electolyzer; Fuel Cell; H2Tank; PV; WT) составили \$298 млн., при этом около 45% затрат приходится на фотоэлектрические модули.

Сравнение потребления и выработки мощности на ФЭ модулях, ТЭ и ВГ, показало, что примерно половина мощности ТЭ задействована для обеспечения питания цехов в неосвещаемое время суток и бесперебойное питание потребителей 1-й и 2-й категории. В то время, как оставшаяся часть ТЭ включается при необходимости в вечернее время и периоды полного отсутствия солнца или ветра. Полная мощность ТЭ позволяет заводу работать без задержки производственного процесса. В периоды избытка энергии, получаемой от солнца и ветра, она запасается в водороде при помощи электролиза воды [5].

Таким образом, в результате расчетов автономной электростанции, работающей на ВИЭ, в программе Homer Pro 3.8.7 для г. Владивосток, можно сделать вывод о том, что затраты на покупку электроэнергии от единой энергосистемы несколько меньше, чем питание предприятия от ВИЭ. Однако это сопоставимо с капитальными затратами производства автономной электростанции, работающей на ВИЭ. При этом очевидно, что в ближайшем будущем ожидается снижение цен на оборудование ВИЭ. Следовательно, актуальность проведённой работы, а также необходимость дальнейших исследований в этом направлении подчеркивается неуклонным снижением цены на технологии, качественными её улучшениями, экологическими факторами, а также увеличивающимися ценами на электроэнергию, получаемую от традиционных источников энергии. Анализ проведенных исследований показывает высокую эффективность использования водородного аккумулирования энергии.

Список использованных источников

1. Amerkhanov, R.A. Concerning the concept of constructing combined ups systems / R.A. Amerkhanov, O.V. Grigorash, K.A. Garkaviy, A.V. Bogdan, V.V. Tropin // Journal of Industrial Pollution Control. 2017. – V. 33. – №. 1. – p. 797-803.
2. MZ Jacobson, MA Delucchi, ZAF Bauer, SC Goodman, WE Chapman. 100% clean and renewable wind, water, and sunlight all-sector energy roadmaps for 139 countries of the world. 2018. – Joule 1 (1). – p. 108-121.
3. Макашкин Л. Л. Освоение новых источников энергии // Экологический вестник России. 2014. – N 1. - С. 24-26.
4. СНиП 23-01-99. Строительные нормы и правила российской федерации «Строительная климатология». Москва. – 2003.
5. Кулешов Н.В., Григорьев С.А., Фатеев В.Н. Электрохимические технологии в водородной энергетике. Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 115 с.