

следствием которого являются потери по высоте среза и нестабильность протекания технологического процесса. Кроме этого поперечное смещение центра масс также влияет на характеристику механизма поворота адаптера в поперечном направлении и требует подбора соответствующих параметров системы для обеспечения бесперебойной работоспособности и быстродействия системы.

Созданная в Simcenter Amesim модель системы механизма поворота адаптера позволила провести анализ и подбор требуемых параметров компонентов системы и оптимизировать режимы управления. Сравнение данной модели с моделью, сформированной математическими расчетными методами, показали полную идентичность результатов. Однако преимуществом модели, созданной в Amesim, является возможность опроса любых параметров и характеристик компонентов системы в реальном времени. Стоит также отметить, что время, затраченное на создание расчетной модели от начала описания до получения первых результатов, примерно в 3 раза меньше, чем при классическом способе. Кроме этого, имея рабочую модель механизма поперечного качания в Amesim, есть возможность использовать ее в качестве подсистемы других мехатронных систем комбайна и исследовать работоспособность в составе машины. В составе машины подсистема механизма поперечного качания входит в систему автоматического копирования рельефа поля адаптером зерноуборочного комбайна. Благодаря этому имеется возможность исследовать систему автоматического копирования профиля поля с помощью дополнительных систем управления для отработки и валидации алгоритмов и стратегии управления всей системой.

Благодаря набору большого количества специализированных библиотек компонентов различной физической природы использование пакета Amesim для исследования сложных технических систем в рамках одной расчетной модели позволяет значительно упростить и сократить время моделирования по сравнению с традиционными математическими методами, а также проводить более обширный анализ работы и поведения сложных многокомпонентных систем.

Л и т е р а т у р а

1. Джасов, Д. В. Моделирование динамических систем в программном комплексе Amesim / Д. В. Джасов, А. А. Калиновский // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. – С. 151–153.
2. Гимадиев, А. Г. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах : электр. учеб. пособие / А. Г. Гимадиев, П. И. Грешняков, А. Ф. Синяков. – Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2014.

УДК 620.93

ПУТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

А. Я. Джумаев

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Предлагается разработанный в Государственном энергетическом институте пилотный проект получения водорода на территории Туркменистана. Выполнено моделирование объекта, состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции, установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 т воды в сутки.

Ключевые слова: фотоэлектрическая солнечная станция, электролизер, водородная энергетика, установка обратного осмоса.

WAYS TO DEVELOP HYDROGEN ENERGY IN TURKMENISTAN

A. Y. Dzhumaev

State Energy Institute of Turkmenistan, Mary

A pilot project for producing hydrogen on the territory of Turkmenistan, developed at the State Energy Institute, is proposed. The work modeled an object consisting of an electricity source – a photovoltaic solar station with an installed capacity of 100 MW, a hydrogen production system – an electrolyzer with a capacity of 50 MW, a water desalination system – a reverse osmosis unit with a capacity of 80 tons of water per day.

Keywords: Photovoltaic solar station, electrolyzer, hydrogen energy, reverse osmosis plant.

Устойчивое, низкоуглеродное и возобновляемое производство водорода было предложено в качестве одного из возможных способов минимизации изменения климата. Разработка устойчивых низкоуглеродных водородных проектов может способствовать повышению темпов декарбонизации в отраслях, где сложно добиться сокращения объема выбросов, таких как металлургия, цементная промышленность или производство удобрений [1].

Постановлением Президента Туркменистана от 28 января 2022 г. была принята Дорожная карта по развитию международного сотрудничества Туркменистана в области водородной энергии на 2022–2023 гг. В рамках этой Дорожной карты планируется реализовать 18 проектов и мероприятий, в частности, разработать Национальную стратегию развития водородной энергетики в Туркменистане [2].

Цели пилотного проекта: проанализировать современное состояние и перспективы развития водородной энергетики; рассмотреть возможность реализации пилотного проекта по производству водорода на территории Туркменистана; выбрать подходящее место для строительства объекта; предусмотреть использование возобновляемых источников для снабжения потребителей объекта электроэнергией; изучить существующие методы получения водорода с целью выбора подходящего для использования на территории Туркменистана; рассчитать объемы электроэнергии, вырабатываемой выбранным источником и потребляемой элементами системы получения водорода; определить стоимость реализации пилотного проекта и срок его окупаемости.

Туркменистан обладает большим потенциалом развития водородной энергетики. В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) с установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Они могут стать источниками энергии для производства «зеленого водорода». Если использовать электролизеры для этой цели совместно с ФСС, то нет необходимости в применении специального оборудования как для преобразования вырабатываемого тока (генераторы, инверторы), так и для синхронизации с общей электросистемой. Сырьем для получения водорода с помощью электролизерной установки помимо электрической энергии является вода. Эффективность и надежность работы электролизера напрямую зависит от степени ее очистки. В технологическом процессе получения водорода возможно использование непресной воды, для чего необходимо использовать опреснительные установки. Это может повысить стоимость производства водорода. В среднем влияние мероприятий по подготовке воды оцениваются в размере 1 долл. США/м³, или около 0,01 долл. США/кг водорода. Процесс электролиза в идеальном случае для получения 1 кг водорода требует 9 кг воды.

Для достижения поставленных целей использовался метод расчета объема электроэнергии, вырабатываемой источником, а также метод определения стоимости реализации пилотного проекта и окупаемости по данным из открытых источников. В работе выполнено моделирование объекта состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 т воды в сутки. Были проанализированы электролизеры различных типов.

Таким образом, определен баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рис. 1).

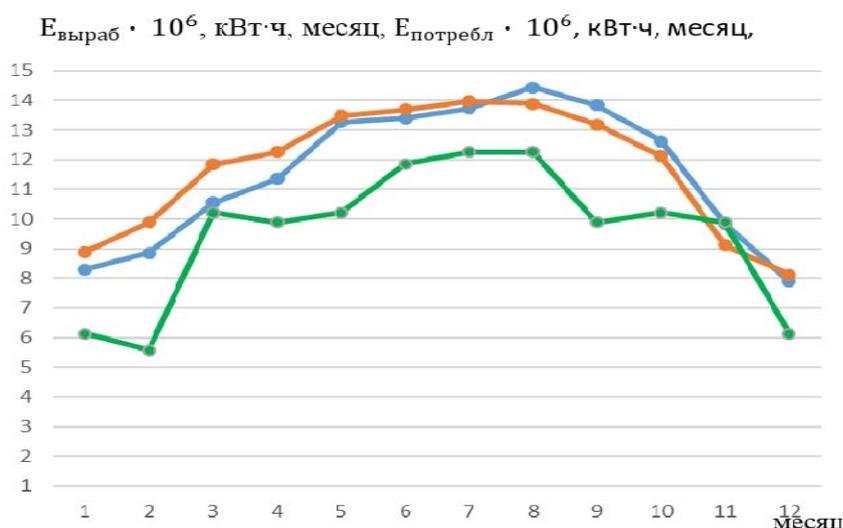


Рис. 1. Вырабатываемая электрическая энергия ФЭС и потребляемая энергия электролизера (красный, синий – выработка энергии ФЭС, зеленый – потребление энергии электролизера)

В табл. 1 и 2 приведены технические характеристики основного базового блока и ФЭС мощностью 100 МВт.

Таблица 1

Технические характеристики основного базового блока

Мощность ФЭС	$2745 \cdot 2 = 5490,0 \text{ кВт}$
Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
Количество фотоэлектрических модулей	$7224 \cdot 2 = 14448$
Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
Количество рядов	$258 \cdot 2 = 516$
Площадь фотоэлектрических модулей	28578 м^2
Количество инверторов	2
Номинальная мощность инвертора	$2841 \text{ кВт} \cdot \text{А}$

Таблица 2

Технические характеристики ФСС мощностью 100 МВт

Мощность ФСС	100 МВт
Количество основных базовых блоков	18
Мощность основного базового блока ФСС	5490 кВт
Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
Количество фотоэлектрических модулей	260064
Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
Количество рядов	9288
Площадь фотоэлектрических модулей	514406 м ²
Количество инверторов	36
Выработка электроэнергии за год	138,538 · 10 ⁶ кВт · ч

В пилотном проекте рассматривается строительство двух фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) с установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском веляятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки.

Основные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные результаты пилотного проекта

Технические параметры и информация	Значение и единица измерения
Населенный пункт, координаты	Атамурат (Керки): с. ш. 37,8; в. д. 65,2
	Серхетабат (Кушки): с. ш. 35,2; в. д. 62,4
Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной на населенном пункте под углом наклона $\beta = 36^\circ$ южной ориентации	Атамурат (Керки): 1919,328 кВт · ч /м ² год
	Серхетабат (Кушки): 1892,972 кВт · ч /м ² год
Выработка электрической энергии ФСС за год	Атамурат (Керки): 140,467 · 10 ⁶ кВт · ч
	Серхетабат (Кушки): 138,538 · 10 ⁶ кВт · ч
Производство водорода	2344,45 т
Потребление энергии при производстве водорода	114,443 · 10 ⁶ кВт · ч
Потребление воды при производстве водорода	21104,550 т

Литература

1. Экономический и социальный совет. ООН. ECE/Energy/2022/8. Distr. : General 13 July 2022, Russian Original: English.
2. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.