



Анализ технико-экономических показателей источников собственной генерации энергии на железных дорогах



Ким САМАРОВ
Kim L. SAMAROV

Юрий СТРЕНАЛЮК
Yuri V. STRENALYUK



Самаров Ким Леонидович — доктор технических наук, профессор Технологического университета, Королев, Россия.

Стрелянок Юрий Вениаминович — доктор технических наук, профессор Технологического университета, Королев, Россия.

Analysis of Technical and Economic Indicators of Sources of Own Generation of Energy on Railways

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 145)

Описаны этапы системного анализа технико-экономических показателей, позволяющих сравнивать эффективность оборудования возобновляемых источников солнечной энергии. Показано, что внедрение гелиоустановок как дополнительного источника для системы электроснабжения нетяговых и нетранспортных потребителей (для оборудования информационно-вычислительных комплексов железных дорог) даст возможность уменьшить затраты на энергообеспечение, сократить объёмы строительства линий электропередач. Авторы статьи уверены, что ситуация в ценовой политике по энергоносителям делает особенно важной объективную оценку энергетической окупаемости сооружения гелиоустановок.

Ключевые слова: железная дорога, системный анализ, солнечная энергия, гелиоустановки, энергетическая окупаемость.

С целью снижения затрат на энергообеспечение и повышение качества электроэнергии на железнодорожном транспорте предусматривается развитие собственной генерации энергии на нетяговые нужды: для электроснабжения нетяговых и нетранспортных потребителей путем использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Износ основных фондов электрических сетей составляет 40 %. Уже только по этой причине внедрение независимых от электрических сетей возобновляемых источников энергии (ВИЭ) актуально. Для регионов Сибири и Дальнего Востока с высоким уровнем солнечной инсоляции целесообразно использование солнечных ВИЭ.

В нашей статье будут рассмотрены ВИЭ с гелиоустановками (ГУ), преобразующие солнечную энергию в электрическую энергию для оборудования информационно-вычислительных комплексов (ИВК) железных дорог.

Обеспечение ИВК промышленного и транспортного назначения источниками дополнительного/резервного, а при необходимости и автономного электроснабжения должно осуществляться с учётом тре-



бований к их гарантированному включению в работу, квалифицированному обслуживанию и улучшению экологии, к наличию готовых к использованию передвижных вычислительных модулей (с энергоустановками) при авариях и чрезвычайных ситуациях [1, 2]. В этой связи возникает задача технико-экономической оценки оборудования ВИЭ с гелиоустановками для надёжного функционирования ИВК.

Предельный теоретический КПД фотоэлектрического преобразования (ФЭП) превышает 90 %, поэтому актуальна постановка задачи повышения КПД ФЭП до 50 % и более в результате оптимизации структуры и параметров ФЭП и ГУ. Гелиоустановки с концентраторами улавливают на 40 % больше солнечной энергии [3, 4]. На основании экспериментальных данных, полученных в Стенфордском университете [5], можно сделать вывод, что при использовании ФЭП на основе арсенида галлия и нитрида галлия с концентрацией лучистой энергии Солнца и объединением двух принципов преобразования солнечного света в электричество — термодинамического и светового — КПД увеличивается на 26 % (в среднем до 40 % по сравнению с существующим средним значением 14 %). Термодинамическое преобразование базируется на использовании термоэлектрического и термоэмиссионного процессов. Световое преобразование (прямая конверсия фотонов в ток при помощи полупроводника) основано на методах фотоэлектрического, фотогальванического и фотоэмиссионного преобразований. Удельная стоимость производства энергии с помощью ГУ может быть снижена не только за счёт повышения КПД установки и её составных элементов, снижения стоимости

управления ею, но и за счёт использования ГУ как дополнительного источника питания и выдачи электроэнергии в сеть общего пользования за плату, гарантированную правительством.

Основные компоненты в структуре стоимости ГУ описываются параметрами, значения которых характеризуют уровень используемых технологий. Стоимость солнечного ватта зависит в первую очередь от стоимости полупроводникового материала в фотоэлектрическом преобразователе, а также от КПД ФЭП (руб./Вт):

$$S_{\text{ФЭП}} = \frac{S_{\text{мн}} d \rho}{E_{\text{ср}} \eta_{\text{ФЭП}} Y_1 Y_2}, \quad (1)$$

где $S_{\text{мн}}$ — стоимость полупроводника [руб.]; d — толщина используемых пластин [мкм]; ρ — плотность полупроводника [кг/м³]; $E_{\text{ср}}$ — среднее значение солнечной освещённости за день с учётом вечерних и утренних часов и климатических условий в различные времена года [Вт/м²]; $\eta_{\text{ФЭП}}$ — КПД ФЭП; Y_1 и Y_2 — технологические коэффициенты, характеризующие выходы процессов переработки кристаллов полупроводника в пластины и пластин в солнечные элементы.

Из соотношения (1) видно, что чем больше площадь солнечных панелей, тем выше стоимость полупроводника. Имеющаяся в настоящее время и в перспективе неопределённость в государственной ценовой политике по энергоносителям делает особенно важной объективную оценку энергетической окупаемости сооружения ГУ. Стоимость аккумуляторных батарей (АКБ), являющихся электрохимическими накопителями энергии (НЭ), составляет наиболее весомую долю в общей стоимости солнечных электроустановок. Высокую кратковременную мощность можно полу-



чить только при весьма большой емкости АКБ, что обуславливает большие размеры и массу накопителя. К другим недостаткам АКБ относятся невысокая циклическая стабильность и, следовательно, ограниченный срок службы, а также наличие в них кислоты, свинца, кадмия и других экологически опасных материалов.

Срок окупаемости ГУ в зависимости от её удельной стоимости [лет]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{S_{\text{ГУ}}}{E_{\text{ГУ}} S_{\text{Т}}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{ГУ}}$ — стоимость ГУ [руб.]; $E_{\text{ГУ}}$ — годовое количество электричества, выработанное ГУ [кВт•ч/лет]; $S_{\text{Т}}$ — стоимость энергии от традиционной энергоустановки [руб./кВт•ч].

Для того чтобы гелиоустановки были рентабельными, надо почти в два раза уменьшить стоимость солнечной энергии. Предварительные оценки использования концентрации лучистой энергии [6] путем объединения двух принципов преобразования солнечного света в электричество — теплового и квантового КПД [5], применения в ФЭП солнечных каскадных элементов [1], снижения затрат на управление ГУ с помощью следящего электропривода (СЭП), осуществляющего пошаговый режим слежения за Солнцем [7], свидетельствуют о том, что на современном этапе развития ГУ существенное снижение стоимости солнечного ватта становится реальным при обеспечении качества вырабатываемой электроэнергии на требуемом уровне [8].

Экономическую прибыль за счёт возможности выполнять дополнительные функции можно извлечь с помощью дополнительной энергии от ГУ. Дополнительную энергию целесообразно реализовывать только тогда, когда стоимость замещающего электричества традиционной энергосистемы равна или больше стоимости электричества, вырабатываемого ГУ. Если на правительственном уровне будет организована поддержка при внедрении солнечных энергоустановок, то стоимость замещающего электричества должна оста-

ваться именно такой с учётом вычета «квот за выбросы» за счёт снижения выбросов углекислого газа [9]. Соответственно запишем вытекающие отсюда неравенства [руб.]:

$$S_{\text{Т}} \geq S_{\text{ГУ}} / E_{\text{ГУ}} \text{ или } S_{\text{Т}} \geq S_{\text{ГУ}} / (E_{\text{ГУ}} - S_{\text{КВ}}), \quad (3)$$

где $S_{\text{КВ}}$ — квота за выбросы.

ВЫВОДЫ

Разработана технико-экономическая оценка энергетической оптимизации возобновляемых источников энергии с гелиоустановками. Чтобы использование гелиоустановок стало рентабельным, надо почти в два раза уменьшить стоимость получаемой от них солнечной энергии. С участием государства или без него, но выполнение этой задачи — главное условие экономически целесообразных проектов, связанных с внедрением нетрадиционных видов энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. — 2004. — № 8. — С. 937–947.
2. Макушин М. Есть ли место Солнцу в будущем российской энергетики? // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. — 2007. — № 4. — С. 112–119.
3. Wolff, G., Gallego, B., Tisdale, R., Hopwood, D. CSP concentrates the mind. Renewable Energy Focus, 2008, Jan/Feb, pp. 42–47.
4. Овсянников Е. М., Пшеннов В. Б., Аббасов Э. М. Расчёт гелиоустановок с концентрацией лучистого потока энергии // Промышленная энергетика. — 2008. — № 8. — С. 46–48.
5. Попов Л. Горячая фотоячейка тянёт электроны из коктейля света и жара. <http://www.membrana.ru/article/2014>. Доступ 04.09.2016.
6. Овсянников Е. М., Аббасов Э. М., Аббасова Т. С. Техничко-экономический анализ использования систем преобразования солнечной энергии в другие виды энергии // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. — 2013. — № 3. — С. 2–6.
7. Аббасов Э. М., Аббасова Т. С. Исследование структуры и условий работы следящих электроприводов гелиоустановок // Промышленная энергетика. — 2011. — № 1. — С. 45–49.
8. Артющенко В. М., Аббасова Т. С. On-line расчёт показателей качества электроэнергии в режиме реального времени // Мир транспорта. — 2013. — № 2. — С. 18–23.
9. Аббасова Т. С., Сидорова Н. П., Логачева Н. В. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии для информационно-вычислительных комплексов и управляющих систем // Вопросы региональной экономики. — 2015. — № 4. — С. 167–177. ●

Координаты авторов: Самаров К. Л. — kimsamarov@yandex.ru, Стреналюк Ю. В. — str1953@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 31.03.2016, принята к публикации 04.09.2016.