

8. Ahmedov, A. P. Cumulative generation of electricity from the wind of passing vehicles and natural wind in the Bukhara region of the Republic of Uzbekistan / A. P. Akhmedov, S. B. Khudoyberganov // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 461. - P. 01073.

9. Akhmedov, A. The influence of production conditions on the electrophysical parameters of piezoceramics for different applications / Abduraxman Akhmedov, Galina Sauchuk, Natallia Yurkevich, Sardorbek Khudoyberganov, Mahammatyakub Bazarov, Karimberdi Karshiev // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Vol. 264. – P. 04020.

10. Sauchuk, H. Dielectric and microwave properties of ceramics of the Bi-Ti-O system / H. Sauchuk, N. Yurkevich, A. Akhmedov, S. Khudoyberganov, S. Kayumov, U. Berdiyarov // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 401. – P. 05076.

11. Ахмедов, А. П. Применение пьезоэлектрических преобразователей для освещения зданий / А. П. Ахмедов, С. Б. Худойберганоу // Точная наука. – 2018. – № 25. – С. 2–5.

12. Akhmedov, A. P. Using solar panels to recharge car battery / A. P. Akhmedov, S. B. Khudoyberganov, N. P. Yurkevich // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте: материалы II республиканской научно-технической конференции, 28–29 апреля 2022 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 433–437.

УДК 629.423.31

Инновационное применения солнечных панелей для резервирования электроснабжения на железнодорожном транспорте

Иксар Е. В., Каюмов С. Н.

Ташкентский государственный транспортный университет
Ташкент, Республика Узбекистан

В статье рассматриваются возможные варианты применения солнечных панелей для резервирования и альтернативного энергоснабжения устройств железнодорожной автоматики. Климатические и географические условия Узбекистана позволяют активно использовать энергию солнца для получения электрической и тепловой энергии в промышленных масштабах. Предложены возможные варианты применения солнечных панелей на железнодорожном транспорте. Приведен зарубежный опыт применения солнечных панелей. Описаны преимущества альтернативной энергетики в производственной деятельности железнодорожного транспорта

Развитие современного железнодорожного транспорта Узбекистана связано с эффективностью и доступностью энергетических ресурсов. Электрификация транспортной структуры Узбекистана постоянно модернизируется. Первоначально приоритетными были технологии с использованием постоянного тока, с развитием преобразовательной техники и модернизации систем управления они стали уступать место технологиям, ориентированным на использование переменного тока. На сегодняшний день, во всем мире особое внимание уделяется использованию «зеленых» технологий, которые являются наиболее энергоэффективными [1–3]. Для железнодорожного транспорта солнечную энергию можно использовать для обеспечения тяги поездов, резервирование объектов автоматики, питание систем управления, питание цепей вспомогательного оборудования. Направление стратегии энергоэффективности железнодорожного транспорта разделены по принципу отношения к тяговым и нетяговым показателям. К тяговым показателям относят:

- повышение энергоэффективности перевозочного процесса;
- совершенствование методов управления движением поездов;
- •повышение показателей использования локомотивов;
- •повышение показателей тягового электроснабжения.

Нетяговые показатели:

- улучшение технического состояния подвижного состава и путевого хозяйства;
- повышение уровня возврата энергии рекуперации на электрической тяге;
- повышение энергоэффективности;
- оптимизация питания вспомогательного оборудования.

Климатические и географические условия Узбекистана позволяют активно использовать энергию солнца для получения электрической и тепловой энергии в промышленных масштабах. Потенциал солнечной энергии Узбекистана оценивается в 50973 млн. тонн нефтяного эквивалента, что составляет 99,7 % от суммарного потенциала всех исследованных к настоящему времени на территории республики ВИЭ, технический потенциал – 176,8 млн. т.н.э. (98,6 % от суммарного технического потенциала ВИЭ). Ежегодное количество солнечного излучения, которое приходится на территорию Узбекистана, по абсолютному значению превышает энергетический потенциал разведанных запасов углеродного сырья страны. Тем не менее, в настоящее время освоено только 0,6 млн. т.н.э. солнечной энергии, что составляет всего 0,3 % от общего технического потенциала. Использование солнечной энергии даёт большие перспективы.

Таблица 1

Показатели солнечного излучения по регионам [4]

| | Регионы | $\Sigma_{\text{сд}}$, кВт час/м ² | n, час | n/n ₂ , час |
|---|---|---|-----------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Север Республики (Республика Каракалпакстан, Хорезмский вилоят и север Навоийского вилоята) | 1900-2100 | 2900-3000 | 11/4 |
| 2 | Юг республики (Кашкадарьинский и Сурхандарьинский вилояты) | 1900-1960 | 2950-3050 | 12,6/4,6 |
| 3 | Ферганская долина (Ферганский, Андижанский и Наманганский вилояты) | 1500-1550 | 2650-2700 | 11,2/3,9 |
| 4 | Зеравшанская долина (Самаркандский, Джизакский, Бухарский вилояты и юг Навоийского вилоята) | 1910-1980 | 2930-3000 | 12,6/3 |
| 5 | г.Ташкент | 1943 | 2852 | 12,6/3 |

Энергосистема Узбекистана при генерации электроэнергии 66,4 млрд кВтч требует необходимого потребления 69,14 млрд кВтч. В перспективе индустриального развития Узбекистана эта цифра может достичь 117 млрд кВтч, а доля альтернативной энергетики в общем объеме производства электроэнергии в республике в 2030 году должна увеличиться до 25 %. Для решения энергетических проблем в последние годы разрабатывается новая энергетическая политика Узбекистана, основанная на использовании гибридных энергетических систем с возобновляемыми источниками энергии (HRES – Hybrid Renewable Energy System), в которых традиционные источники электроэнергии объединяются с фотоэлектрическими модулями. В существующих гибридных энергетических системах не учитываются требования эффективности, не учитывается стоимость электроэнергии, вырабатываемой различными поставщиками. Инновационное развитие современных солнечных панелей позволяет снизить себестоимость солнечной энергии и тем самым решить вопрос применения их на железнодорожном транспорте.

Природные условия всех регионов Республики Узбекистан позволяют получить максимальное концентрирование солнечного излучения. Продолжительность солнечного сияния составляет 2200–3000 часов в год, энергия солнечного излучения – 1200 кВт/м² в год [4]. В южных районах В южных районах продолжительность солнечного излучения составляет от 2000 до 3000 часов в год, а годовой приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность – от 1280 до 1870 кВт/ч на 1 м². В наиболее солнечном месяце, июле, количество энергии, приходящейся на 1 м² поверхности и составляет от 6,4 до 7,5 кВт/ч в день. В качестве альтернативного независимого источника могут быть использованы: независимое питание из общей сети энергоснабжения или специальные преобразователи, аккумуляторные батареи; переключение на резервный источник происходит автоматически. Электропитание устройств железнодорожной автоматики осуществляется постоянным током, переменным однофазным током,

трехфазным током. Напряжения в системе электропитания устройств ответственствуют ряду напряжений [5]:

– номинальные напряжения постоянного тока (в вольтах): $U = 5, 6, 12, 24, 36, 48, 60, 110, 120, 136, 220$;

– номинальные напряжения переменного однофазного тока (в вольтах): $U = 12, 24, 55, 60, 110, 115, 130, 145, 220, 230$;

– номинальные напряжения трехфазного тока (фазовые/в вольтах): $U = 115, 127, 220, 230, 380, 550, 1000$.

В зависимости от назначения солнечные панели могут использоваться в качестве основной электропитающей установки, которая соединяется с промышленной сетью, или резервной автономной электростанцией. В качестве электропитающей установки используются альтернативные источники тока с соответствующими преобразователями. Функциональная схема солнечной электроустановки показана на рис 1.

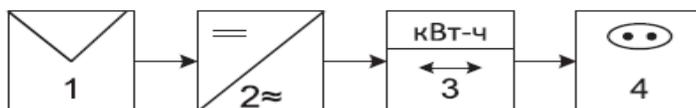


Рис. 1. Функциональная схема солнечной электроустановки:

1 – ФЭ-модуль; 2 – инвертор; 3 – счетчик электроэнергии; 4 – мощная сеть

По экономическим соображениям на железнодорожном транспорте в качестве функциональных солнечных модулей применяются монокристаллические солнечные элементы [6]. Применение монокристаллических элементов дает потери в устройствах преобразования и накопления электроэнергии (аккумуляторах, инверторах, распределителях и т. п.), это приводит к тому, что реальные значения мощности, выдаваемой фотоэлементными установками, значительно меньше потенциально возможных.

Для инновационных фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии основным элементом является монокристаллический и поликристаллический кремний, ленточный, листовой, слоистый, аморфный, а также теллурид кадмия и арсенид галлия, и преобразователи со структурой AlGaAs-GaAs, производительность которых достигает 22 % (кремниевые элементы дают всего 12–17 %), эти элементы являются трудоёмкими в изготовлении, имеют высокую стоимость, что удорожает себестоимость солнечных панелей [4]. В мировом производстве доля кремния составляет 75 %. Выбор кремния в качестве исходного материала для фотоэлементов позволяет достигнуть минимальных потерь на отражение. Кремниевые фотоэлементы менее чувствительны к температурным колеба-

ниям, что важно в условиях работы железнодорожного транспорта. Габариты поездов позволяют использовать крыши подвижного состава, подзарядка может производиться во время стоянки. Предлагается установка монокристаллических солнечных панелей величиной от трех до 10 м², с накопителем на основе литий-железо-фосфатного аккумулятора (LiFePO₄, LFP) среднесуточным потреблением до 30 кВтч. Панели могут быть установлены на конструкции опор энергоснабжения либо на раме вблизи стрелочного перевода, тем самым обеспечивается наиболее близкое расположение солнечной панели от привода железнодорожной стрелки (рис. 2)

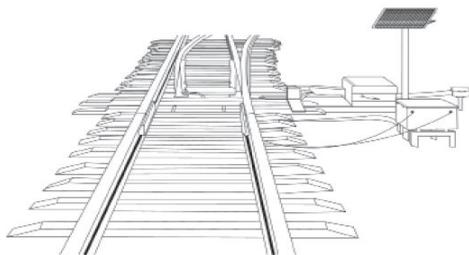


Рис. 2. Установка альтернативного источника энергоснабжения рядом с электроприводом железнодорожной стрелки

В условиях мирового кризиса цена на поликристаллический кремний снижается, однако потребность в материале для фотоэлектрических элементов остаётся постоянной. Снижение стоимости кремния как необходимое условие получения фотоэлектрической энергии, сопоставимой с энергией, получаемой из других источников, возможно двумя путями:

- получение монокристаллического кремния полупроводниковой частоты;
- получением дешевого монокристаллического кремния, менее эффективного для производства фотоэлектрических преобразователей.

Поэтому электроэнергию, получаемую от фотоэлектрических преобразователей, нельзя рассматривать как альтернативу традиционной электроэнергии. Однако можно рассматривать как возможность снабдить электроэнергией потребителя, удаленного от электросетей или имеющий резервный источник на случай отказа основной системы электроснабжения. Это могут быть установки сравнительно небольшой мощности, имеющих в своем составе аккумуляторную батарею для электроснабжения в темное время суток.

Переход к тонкопленочным элементам позволит существенно снизить стоимость установленного киловатта электроэнергии. Конструктивно сол-

нечные панели транспортных средств не отличаются от своих стационарных вариантов. Энергия, выработанная солнечными панелями, может использоваться для обеспечения работы двигателя, вспомогательного оборудования: моторы вентиляторов, двигатели тормозных компрессоров, цепи освещения. В процессе выработки энергия попутно накапливается в аккумуляторных батареях с целью дальнейшего использования для нужд вспомогательного оборудования [4].

Применение солнечных энергетических установок на железнодорожном транспорте имеет следующие преимущества:

- экологически чистое производство электроэнергии, отсутствие выбросов парниковых газов;
- универсальность применения;
- простота конструкции и малый вес;
- бесшумность при работе;
- модульный принцип набора мощности;
- высокая надежность.

Исходя из этого, солнечная энергетика становится важным энергетическим ресурсом железнодорожной отрасли. Работа по внедрению солнечных панелей на железнодорожном транспорте ведется в двух основных направлениях:

1. Электропитание поездов путем установки батарей непосредственно на крыше подвижного состава.
2. Электропитание от солнечных батарей инфраструктуры и устройств сигнализации (работа вспомогательных агрегатов, освещение, системы кондиционирования воздуха и пр.).

Эффективность и надёжность электроснабжения железных дорог, применение новых источников энергии, ресурсосберегающих технологий и децентрализация энергоснабжения железных дорог даст большую экономию электроэнергии и существенно повысит безопасность движения, позволит иметь дополнительные источники электроэнергии для резервирования ответственных устройств железнодорожной автоматики.

Перспективной сферой применения фотоэлектрических питающих установок могут стать устройства железнодорожной автоматики, которые имеют малое энергопотребление. Внедрение фотоэлектрических устройств на этапе проектирования участков, к которым еще не подведено централизованное питание.

Литература

1. Akhmedov, A. P. The use of solar panels to power the air conditioning and ventilation system of vans / A. P. Akhmedov, S. B. Khudoyberganov, N. P. Yurkevich // Инновационные технологии в водном, коммунальном

хозяйстве и водном транспорте: материалы II республиканской науч.-техн. конф., 28–29 апреля 2022 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 393–397.

2. Мирошниченко, А. А. Исследование воздушных потоков, возникающих вследствие прохождения железнодорожного состава, и рассмотрение возможности их использования / А. А. Мирошниченко, Е. В. Соломин // Наука ЮУрГУ: материалы 70-й научной конф. Секции технических наук, 2018. – Челябинск: ЮУрГУ, 2018. – С. 475–483.

3. Ахмедов, А. П. Определения потенциала и способ получения электроэнергии от ветра в ветряных регионах Республики Узбекистан / А. П. Ахмедов, С. Б. Худойбергенов, Н. П. Юркевич // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте: материалы III республиканской научно-технической конференции, 27–28 апреля 2023 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 442–447.

4. Iksar, E. Improving the energy efficiency of traction motors taking into account the assessment of the thermal condition / E. Iksar, Z. Nazirova // International Journal of Advanced Logistics, Transport and Engineering. – 2022. – Vol. 2, № 2. – P. 14–19.

5. Безруких, П. П. Научно-техническое и методологическое обоснование ресурсов и направлений использования возобновляемых источников энергии: дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.14.08 / П. П. Безруких. – М., 2003. – 268 с.

6. Аллаев К. Р. Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии / К. Р. Аллаев // Современные научно-технические решения эффективного использования возобновляемых источников энергии: Проблемы энерго- и ресурсосбережения: материалы Междунар. конф. 2011. – Ташкент: ТГТУ, 2011. – С. 123–126.

УДК 621.38 (075)

**Innovative technologies of electrical contacts for electrical devices
in energy construction: contact materials**

Kayumov S. N., Jiyankulov L. A.
Tashkent State Transport University
Tashkent, Republic of Uzbekistan

The article considers the electrical contacts used in power systems and networks of electric rolling stock of railway transport, taking into account the operating modes and traction characteristics of a traction electric motor. The main types of contacts and contact materials used for the manufacture of con-