

# ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИИ И МИРЕ

К.И. Шумный<sup>1</sup>, С.А. Литвинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ

<sup>2</sup>Ямбургское районное энергетическое управление «Газпром добыча Ямбург»

Солнечная энергетика – это один из видов нетрадиционной энергетике, построенный на применении солнечного излучения для производства энергии в каком-либо виде [1]. Солнечное излучение – это лучистая энергия ионизации, излучаемая солнцем, и одна из энергий, которая широко используется во всем мире [2]. Получение энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределенного производства энергии.

Солнечная энергетика имеет очень много преимуществ, к которым можно отнести:

- Возобновляемость. Солнечная энергия относится к возобновляемым источникам энергии.
- Постоянство. Солнечная энергия постоянна – ее не получится перерасходовать по ходу удовлетворения человеческих нужд.
- Количество энергии. На Землю каждый год поступает около 1 млрд тераватт-часов, а человечество в это время производит 20 тыс. тераватт-часов, то есть 0,002 % от солнечной энергии, что поступает на землю.
- Бесшумность. В системах солнечной энергетике нет движущихся частей, что позволяет ей быть бесшумной.
- Большая область использования. Солнечная энергия покрывает большую часть поверхности Земли.
- Экономичность. Затраты на обслуживание солнечных панелей очень низкие – достаточно лишь несколько раз в год их чистить.
- Экологичность. Этапы от производства до эксплуатации солнечных электрических станций влекут за собой минимальное количество вредных выбросов в атмосферу.
- Технологичность. В сфере производства солнечных батарей постоянно происходят новые открытия [3].

В мире используются несколько типов солнечных электростанций [4]:

- башенного типа;
- тарельчатого типа;
- использующие фотоэлектрические модули;
- использующие параболические концентраторы;
- использующие двигатель Стирлинга;
- аэростатные;
- солнечно-вакуумные электростанции.

Самым перспективным источником солнечной энергии в будущем являются фотоэлектрические установки. Фотоэлектрические устройства прочны и просты по конструкции, требуют минимального обслуживания, а их самым большим преимуществом является то, что они построены как автономные системы [5].

Для устойчивого снабжения потребителя электричеством с использованием фотоэлектрических панелей, необходимо, кроме самих панелей, ряд вспомогательных устройств, набор которых определяется видом и целью использования электростанции. В мире используются основных типа фотоэлектрических систем:

- Автономные системы;
- Системы, работающие параллельно с сетью.

Для использования автономных систем дополнительно необходимо иметь аккумуляторные батареи и контролеры заряда к ним. Если данные системы будут работать в сети с напряжением 220/380 В необходимо добавить инвертор [6]. Автономные фотоэлектрические системы обычно используются в местах где отсутствует центральное энергоснабжение. На рисунке 1 представлен пример автономной фотоэлектрической системы.

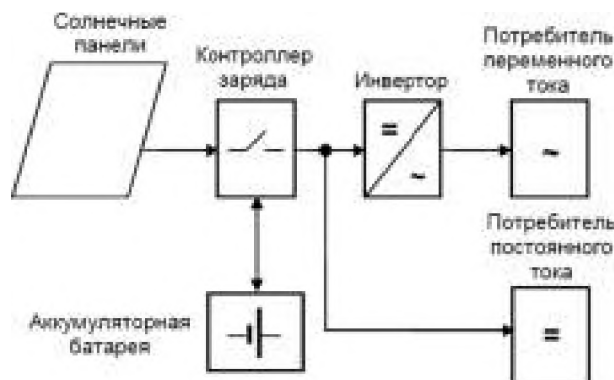


Рис. 1. Автономная фотоэлектрическая система

Фотоэлектрические системы, работающие параллельно с сетью, используют сеть как источник энергии и аккумулятор. Первый случай нужен тогда, когда потребитель использует большую мощность, чем может выдать источник. В этом случае недостающая мощность будет браться из сети. Во втором случае наоборот, если солнечные батареи будут генерировать излишек энергии, то этот излишек будет уходить в сеть.

Первое поколение фотоэлектрических технологий основано на кристаллической структуре, в которой используется кремний для производства солнечных элементов, объединяющихся в фотоэлектрические модули. Однако эта технология не устарела, а постоянно совершенствуется для повышения ее возможностей и эффективности.

По итогам 2019 года мощность мировой солнечной энергетики дошла до отметки 629 ГВт после того, как в течение года было построено 115 ГВт фотоэлектрических станций [7]. На рисунке 2 приведена обобщённая статистика по объёму установленной мощности фотоэлектрических установок в разных странах мира. Рассматривая этот рисунок можно сделать вывод, что развитие солнечной энергетики, и фотоэлектрических установок в частности, не стоит на месте.

В России прошли конкурс проекты фотоэлектрических станций общей мощностью около 2000 МВт с предположительными датами введения в эксплуатацию до 2022 года [8]. На рисунке 3 приведена статистика по построенным фотоэлектрическим станциям к концу 2018 года. Данные этого рисунка показывают, что фотоэлектрические станции в России активно развиваются.



Рис. 2. Топ 10 стран по общей установленной мощности в 2019 году

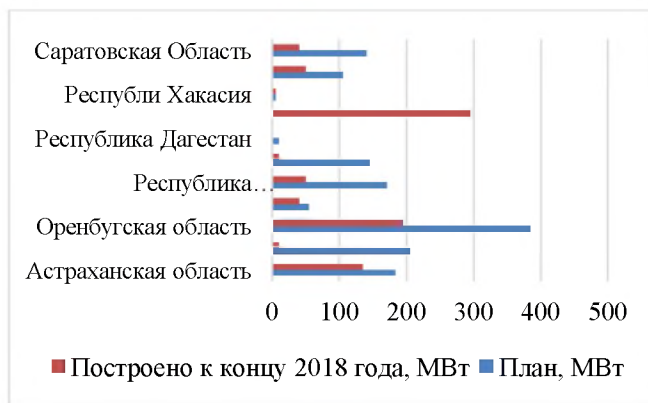


Рис. 3. Суммарная мощность фотоэлектрических станций по субъектам РФ

На рисунке 4 приведены крупные фотоэлектрические станции в мире [9].

На рисунке 5 приведены крупные фотоэлектрические станции в России [10].

Эксплуатация 0,0125 % солнечного излучения может насытить все сегодняшние нужды мировой энергетики, а использование 0,5 % может обеспечить все потребности на перспективу. Но есть и препятствие – это низкая интенсивность солнечного излучения. Чтобы солнечные установки были рентабельные, необходимо разместить их на территории размером 130 тыс. км<sup>2</sup>, из-за этого возникает необходимость использовать коллекторы огромных размеров.

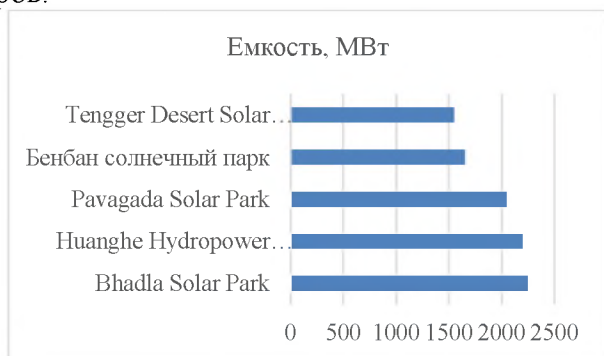


Рис. 4. Крупные фотоэлектрические станции в мире

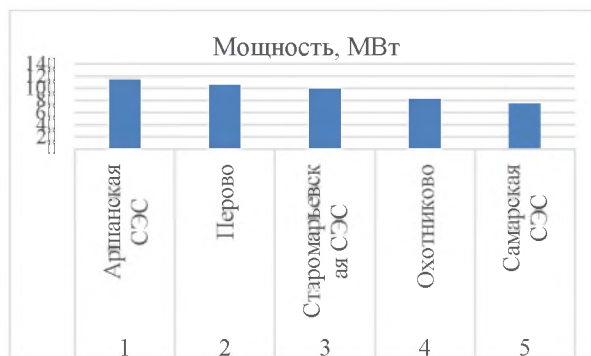


Рис. 5. Крупные фотоэлектрические станции в России

Для изготовления данных коллекторов необходимо затратить огромное количество ресурсов. Это одна из главных проблем которую необходимо решить для эффективного использования солнечной энергетики [11]. Таким образом можно отметить существующие перспективы развития солнечной энергетики в современных электроэнергетических системах.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Солнечная энергетика [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика) (Дата обращения: 07.11.2022).
2. I. Alhamrouni, M. Danial, M. Salem, L.J. Awalin, B. Ismail. Design of 2LC-Y DC – DC converter for high voltage/low current renewable energy application. Test Eng. Manag., 83 (2020), pp. 2111-2117.
3. Преимущества и недостатки солнечной энергии [Электронный ресурс]: SolarElectro. – URL: <https://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii> (дата обращения: 07.11.2022).
4. Солнечная электростанция [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_электростанция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_электростанция) (Дата обращения: 07.11.2022).
5. L. Alhafadhi, J. Teh, C.-M. Lai, M. Salem. Predictive adaptive filter for reducing total harmonics distortion in PV systems. Energies, 13 (12) (2020), p. 3286.
6. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями / Б.В. Лукутин [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – 47 с.
7. Strategic PV Analysis and Outreach. Energy, Snapshot of Global PV Markets. IEA PVPS, 2020. – 10 p. - ISBN 978-3-906042-94-7.
8. Дягтярев К.С., Панченко В.А. Развитие и реализованные проекты солнечной энергетики в России // С.О.К. Электросбережение. – 2019. – №9. – С. 74-79.
9. Список фотоэлектрических станций [Электронный ресурс]: ВикибриФ. URL: [https://ru.wikibrief.org/wiki/List\\_of\\_photovoltaic\\_power\\_stations](https://ru.wikibrief.org/wiki/List_of_photovoltaic_power_stations) (Дата обращения: 07.11.2022).

10. Список солнечных электростанций России [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_солнечных\\_электростанций\\_России](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_солнечных_электростанций_России) (Дата обращения: 07.11.2022).
11. Возможности и перспективы солнечной энергетики [Электронный ресурс]: Neftegaz.RU. – URL: <https://neftegaz.ru/science/Energetika/331966-vozmozhnosti-i-perspektivy-solnechnoy-energetiki> (Дата обращения: 07.11.2022).

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Государственное задание "Наука" № FSWW-2020-0017.

Научный руководитель: А.Б. Аскарлов, ассистент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

## **ОБЗОР ТЕМПОВ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

И.В. Уманский<sup>1</sup>, С.В. Воронин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Ямбургское районное энергетическое управление «Газпром добыча Ямбург»

Глобальное изменение климата, надежность энергоснабжения, стоимость энергии становятся все более актуальными вопросами современного общества. При этом в последние десятилетия в мире предпринимаются определенные шаги по сокращению выбросов загрязняющих веществ, усиливающих последствия глобального потепления. Международные протоколы, такие как Киотский протокол (1998), Парижское соглашение (2015), Европейская рамочная программа по климату и энергетике на период до 2030 года, направлены на сокращение неблагоприятных последствий изменения климата. Россия также активно участвует в формировании международной климатической политики. В рамках реализации международных договоров и соглашений страны пересматривают свои подходы к производству энергии, в связи с чем, возрастает необходимость разработки и создания установок с использованием возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии. Подобные установки внедряются для выработки электроэнергии с нулевым или почти нулевым выбросом загрязняющих веществ в атмосферу.

Одним из перспективных направлений является внедрение ветряных электростанций в электроэнергетические системы. Ветряная энергетика – это развивающаяся отрасль энергетики, в основе которой лежит преобразование кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, необходимую для потребления людей. Ветроэнергетика имеет определенные преимущества относительно традиционных источников энергии и других возобновляемых источников. Прежде всего, ветросиловые ресурсы огромны и не могут быть полностью освоены даже в перспективе. Для эксплуатации ветряных электростанций не требуется добычи и использования любых видов топлива, их действие основано только на возобновляемом источнике энергии – силе ветра. Основные части конструкции ветряной установки расположены на значительной высоте над землей, а наземная часть установки занимает небольшую площадь на земле, что позволяет использовать окружающее пространство для размещения зданий и сооружений, ведения сельского хозяйства. Также не требуется дополнительной подготовки земельных участков при проведении монтажа ветряных установок. Для работы ветряных электростанций не используется вода. Производство электроэнергии экологически безопасно, так как в процессе работы энергетических установок данного вида отсутствуют отходы производства и вредные выбросы.

Энергия ветра востребована и является рентабельной во многих регионах мира. Использование ветряных комплексов, прежде всего, экономически целесообразно для автономного