



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-2-266-274

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛИОТРОПИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

С.А. Жильцов, А.А. Карпушин

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Все больше и больше отдельных регионов вкладывают средства в возобновляемую энергетику. Объективно существует угроза изменения климата за счет использования горючего топлива. Это означает, что все больше и больше стран будут переходить на экологически безопасную и возобновляемую энергетику — солнечную, ветреную и приливную.

С переходом в третью промышленную революцию, ячейкой производства труда станет домашнее хозяйство. Мы все чаще слышим о появлении распределенных сетей — Smart Grid, в которых каждый потребитель энергии может стать его производителем.

Цель данной работы заключается в разработке конструкции солнечной панели, которую можно использовать в качестве автономного источника питания для уличного освещения и станций зарядки устройств в условиях больших отклонений углов на диаграмме солнечного пути для регионов, удаленных от экватора.

Итак, гелиотропические установки — это эффективный способ управления солнечной панелью за счет корректировка ее положения относительно солнца. Это особенно актуально для регионов, удаленных от экватора. В данной работе кратко представлен финансовый прогноз рынка солнечной энергетики, предложена конструкция солнечной установки гелиотропического типа и приведено ее сравнение с классической стационарной установкой.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, солнечная энергетика, гелиотропические солнечные установки

Все больше и больше отдельных регионов вкладывают средства в возобновляемую энергетику. Так, Саудовская Аравия объявила тендеры на строительство крупных объектов солнечной и ветряной энергетики на общую сумму 50 млрд долл. США.

2015 год стал рекордным по приросту мощностей в фотоэлектрической и ветряной энергетике мира — более 50 и 60 ГВт за год соответственно [1]. За период с 2005 по 2015 годы установленная мощность ветровых электростанций увеличилась в 9 раз, фотоэлектрических — в 64 раза. Прирост инвестиций за последний год составил более 329 млрд долл. США, где более половины (161 млрд) направлен на солнечную энергетику. Для сравнения, в отрасль по добыче углеводородов было инвестировано 130 млрд долл. США.

Министерство возобновляемой энергетики Индии к 2021 году планирует создание 10-ти солнечных плантаций площадью 10 тысяч гектар каждая производительностью 4 кВт·ч/м². Цель проекта — достигнуть выработки 1 ГВт электри-

ческой энергии к 2022 году. На основании этого можно сделать вывод, что Индия таким образом открывает новый инвестиционный коридор для возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что позволит увеличить приток капитала и обеспечит создание сотни тысяч рабочих мест. Прогнозируемая установленная мощность всех мировых солнечных электростанций к 2020 году будет составлять порядка 700 ГВт, из которых на лидера, Китай, придется — 150 ГВт. Такие прогнозы связаны с бурным ростом и интеграцией возобновляемых источников в домашнее хозяйство и предметы быта. Драйвером, для развития портативных ВИЭ, служат инвестиции в Internet of Things, wearable, smart clothes — это портативные панели, интегрированные в общую систему дома, смартфоны и ткань одежды.

Наблюдается закономерность, что каждое удвоение установленной мощности фотовольтаических элементов приводит к снижению их стоимости на 26%. По прогнозам Международного агентства возобновляемой энергетики (IRENA) [2], стоимость модулей может упасть до диапазона 0,3—0,4 долл. США/Вт к 2025 году, а цена на электроэнергию будут составлять 3 цента/кВт·ч.

Для отдельных регионов России (богатых солнечными ресурсами), по прогнозу IRENA, было подсчитано, что капитальные затраты на строительство объектов солнечной генерации составят до 50000 руб./кВт (средний размер удельных капитальных затрат к 2025 году) при коэффициенте использования установленной мощности 18% и процентной ставки 15% годовых смогут обеспечить стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч на уровне 2,6 руб. При смягчении условий кредитования и уменьшения ставки до 10%, стоимость будет равна 2 руб.

Применение ВИЭ целесообразно для домашних хозяйств. Это подкрепляется тем фактом, что традиционные энергостанции — одна из главных причин глобального потепления [3]. Установка портативных фотовольтаических модулей, как основных энергетических элементов автономного дома, позволит превратить любой дом из потребителя, в поставщика энергии. Однако необходим проект, который будет направлен на оптимизацию расхода энергии от солнечных панелей. Если рассматривать квартиру, как модель домашнего хозяйства в рамках плотной застройки с минимально-доступным свободным пространством для установки фотовольтаических элементов, то можно предложить проект «Гелиотропической солнечной установки» (ГУ).

Гелиотропизм — это способность растений поворачиваться вслед за солнцем, также известное как «Солнечный трекер». Подобное свойство растений позволяет максимизировать эффективность фотосинтеза.

Преобразование солнечной энергии в электрическую происходит за счет солнечной радиации, падающей на фотовольтаическую ячейку (полупроводник). Ячейка, содержащая полупроводники n и p типа, получившая энергию, создает пару носителей заряда, которые образуют p - n переход и как следствие — падение напряжения на его концах.

Масштабируемость ГУ позволяет устанавливать их на лоджиях, балконах, крышах, в парках. Такие установки могут быть источником энергии для уличного освещения и ламп внутри помещений, а также использоваться как станции зарядки портативных устройств. Преимущества данной системы: меньшие требования к площади установки и эффективная генерация энергии за счет системы

слежения за солнцем. Недостаток — более высокая стоимость за счет рамной конструкции и дополнительного обслуживания.

Современные солнечные панели можно разделить на два типа по материалам: органические (обычно PEDOT панели) и не органические (на основе кремния). Преимущество органических солнечных панелей: меньшая температура изготовления, гибкие свойства материалов (могут устанавливаться на изогнутые поверхности) [4]. Однако технология производства еще не оптимизирована и стоимость панелей на основе органических материалов остается высокой [5]. В данной работе рассматриваются кремниевые панели, однако, в будущем, подразумевается использование органических материалов.

В качестве солнечного элемента использовался модуль от компании Jinshan Petroleum Company с рабочим напряжением 0,5 В и рабочим током 80 мА. (Данный фотовольтаический элемент используется в качестве экспериментального, для оценки функционирования установки на территории России.) Экспериментальная ГУ, стационарная без автоматической коррекции положения и модель усовершенствованной ГУ с автоматической коррекцией положения относительно солнца. Коррекция положения происходит за счет изменения угла по двум осям. Экспериментальная ГУ содержит четыре подложки, на которых установлены девять солнечных элементов, каждый из которых генерирует напряжение 0,4—0,6 В (рис. 1). Все элементы подключены последовательно.

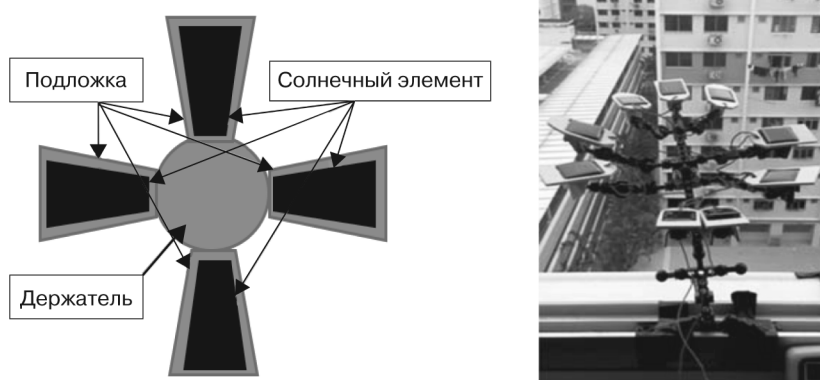


Рис. 1. Гелиотропическая солнечная панель, стационарная

[Fig. 1. The heliotropical solar panel, stationary]

На рисунке 2 представлена типичная диаграмма солнечного пути над экватором. Для таких зон достаточно изменять угол наклона панели в незначительном диапазоне, что не подходит для регионов России, т.е. такая установка будет работать неэффективно из-за изменения положение солнца относительно экватора на 70° в большинстве регионов РФ (например, в Москве) (рис. 3). Недостатком экспериментальной ГУ является ее стационарность, т.е. отсутствие автоматического изменения положения наклона панели относительно солнца.

С перспективной использования PEDOT солнечных элементов, которые позволяют использовать в качестве подложки фигуры нелинейной плоскости, а также для повышения эффективности используемого пространства, в данной

работе предложена конструкция усовершенствованной ГУ на лепестковой подложке с автоматической коррекцией положения для регионов, отдаленных от экватора (рис. 4).

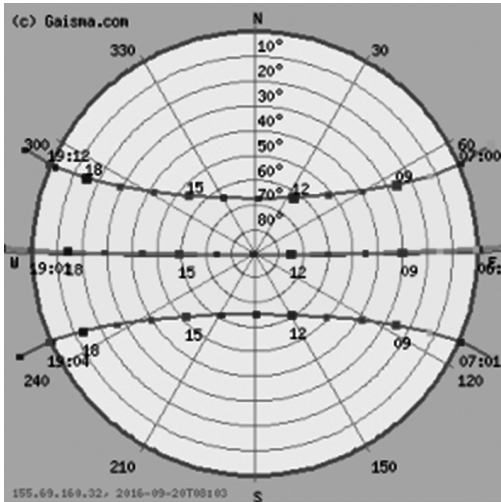


Рис. 2. Диаграмма солнечного пути над экватором в течении дня
 [Fig. 2. The schedule of a solar way over the equator during the day]

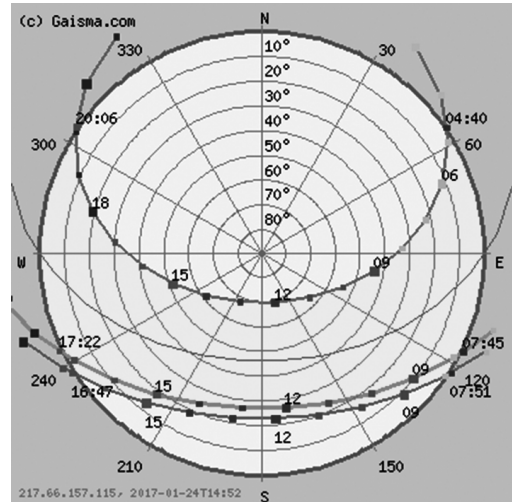


Рис. 3. Диаграмма солнечного пути над Москвой
 [Fig. 3. The schedule of a solar way over Moscow]

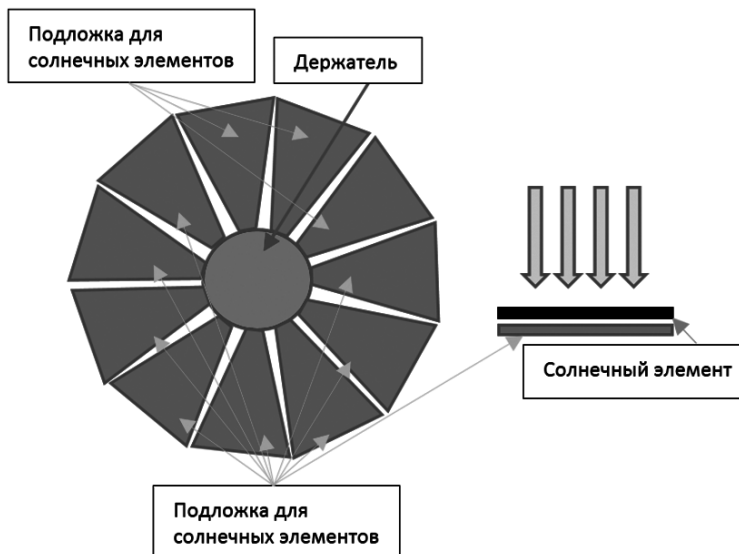


Рис. 4. Принципиальная схема ГУ на лепестковой подложке
 [Fig. 4. The schematic scheme of GU on a petal substrate]

Особенностью данной схемы служит то, что каждый «лепесток» конструкции самостоятелен и может изменять свое положения относительно центрального держателя. Это позволяет производить самоочистку панели, за счет увеличения угла наклона подложки.

В роли вычислительной платформы для блока управления функциональной схемы ГУ на лепестковой подложке (рис. 5) была выбрана плата Arduino Uno. Она обладает необходимым количеством аналоговых и цифровых входов-выходов, которые необходимы для управления системой, а также необходимой тактовой частотой для выполнения алгоритма работы ГУ согласно определенным требованиям [7]. Блок АКБ необходим для обеспечения электроэнергией установки в случае минимального, по освещенности, светового дня, а также для питания поворотных механизмов и двигателей.

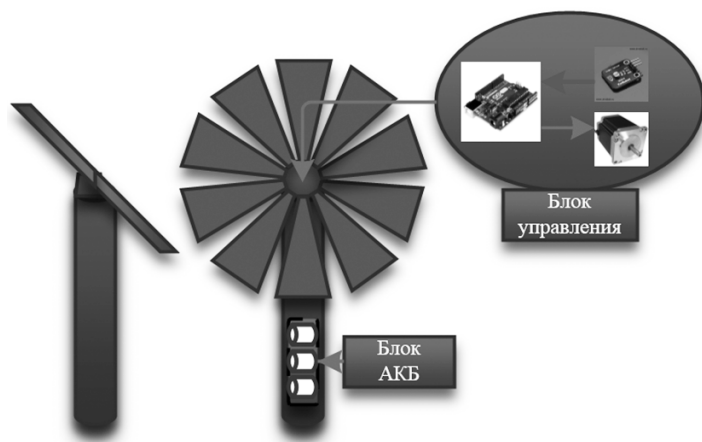


Рис. 5. Функциональная схема ГУ
[**Fig. 5.** Function scheme of GU]



Рис. 6. Схема работы солнечной панели «Гелиотропическая панель» на лепестковой подложке
[**Fig. 6.** Scheme of operation of the solar panel «Heliotropical Panel» on a petal substrate]

Система управления работает следующим образом (рис. 6): центральной держатель ГУ оборудован датчиком освещенности, включенным в мостовую схему Уилсона. В зависимости от интенсивности освещения, датчики меняют свое сопротивление. Данные, полученные с датчика, усиливаются операционным усилителем и подаются на аналоговый вход Arduino UNO. По разработанному алгоритму происходит корректировка положения солнечной панели относительно положе-

ния солнца. Автоматическая корректировка происходит раз в 30 минут. Такой интервал выбран исходя из соображения экономии батареи и масштабируется в зависимости от солнечной диаграммы местности.

Кроме корректировки положения в зависимости от изменения интенсивности освещения, система управления имеет в своем составе блок контроля тока (КТ). Функция данного блока — проверка силы выходного тока для определения загрязненности панели. Значение тока сравнивается с эталонной для данного уровня освещенности. Если оно отличается от эталонной более чем на 30%, то инициализируется механизм очистки поверхностей: изменение угла панелей с последующей обдувкой (опционально).

Были получены выходные характеристики для экспериментальной ГУ по двум сценариям: с неизменным положением и с изменением положения панелей через определенный интервалы времени (рис. 7).

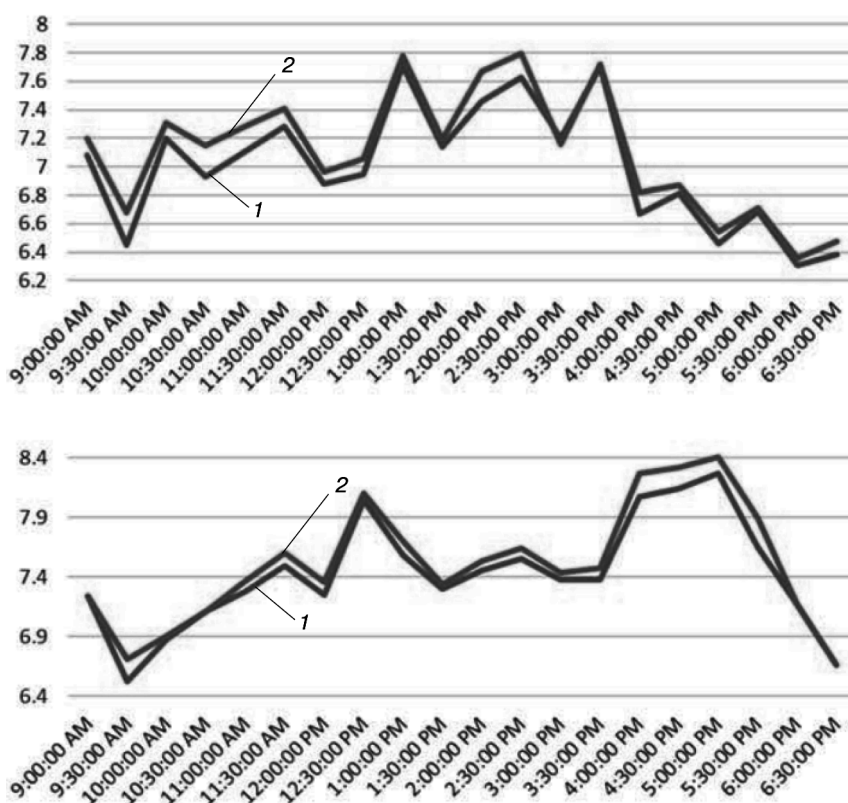


Рис. 7. Результаты работы ГП в случае стационарного расположения и периодической коррекцией положения относительно солнца: 1 — стационарная; 2 — с коррекцией

[**Fig. 7.** Results of work of GP in case of a stationary arrangement and periodic correction of situation concerning the sun: 1 — stationary; 2 — with correction]

Можно заметить, что при грубой коррекции с периодом 30 минут, выходное напряжение ГП с коррекцией положения выше на ~6,3%, относительно стационарной панели. Ожидается, что интеграция автоматического модуля корректировки позволит увеличить значения этого показателя в интервале 10—15%.

Таким образом, авторами был представлен анализ рынка возобновляемых источников энергии, а именно солнечной энергетики: финансовые и инвестиционные прогнозы в разных регионах, в том числе и РФ.

Было представлено техническое решение для малой солнечной энергетики — «Гелиотропическая панель» стационарная и теоретическая модель «Гелиотропической панели» лепесткового типа с автоматической корректировкой для регионов, удаленных от экватора.

Был поставлен эксперимент по двум сценариям с «Гелиотропической панелью»: измерялись значения выходного напряжения со стационарной панели, чье положение не менялось со временем, и выходного напряжения с установки, чье положение изменялось каждые 30 минут. Преимущество грубой коррекции положения составило 6,3%.

Был написан алгоритм коррекции положения относительно максимума освещенности солнца для платформы Arduino Uno.

Дальнейшее направление разработки: реализовать экспериментальный образец «Гелиотропической панели» лепесткового типа с автоматической коррекцией положения, а также протестировать солнечные элементы на основе органических материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Отчет о развитии ВИЭ и предложения в энергетическую стратегию России. URL: <http://gisre.ru> (дата обращения: 12.12.2016).
- [2] IRENA. Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region. Abu Dhabi, 2016. 454 p.
- [3] Causes effects solution urbanization. URL: <http://www.conserve-energy-future.com/causes-effects-solutions-urbanization.php> (дата обращения: 12.12.2016).
- [4] *Kukreti K., Pratap A., Brijeh K.* Recent Advancements and Overview of Organic Solar Cell. ICCCA, 2016.
- [5] *Rath J.* Low temperature polycrystalline silicon: a review on deposition, physical properties and solar cell applications // *Solar Energy Materials and Sola-Cells.* 2003. 76(4). P. 431—487.
- [6] *Rasool F., Drieberg M., Badruddin N., Singh B.* Modeling of PV Panels Performance Based on Datasheet Values for Solar Micro Energy Harvesting, 2016.
- [7] *Chien L.J., Drieberg M., Sebastian P., Hiung L.H.* A simple solar energy Harvester for Wireless Sensor Networks, 2016.

© Жильцов С.А., Карпушин А.А., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 03 марта 2017

Дата принятия к печати: 15 марта 2017

Для цитирования:

Жильцов С.А., Карпушин А.А. Использование гелиотропических солнечных панелей для автономного электроснабжения потребителей // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования».* 2017. Т. 18. № 2. С. 266—274.

Сведения об авторах:

Жильцов Сергей Алексеевич, ассистент Департамента инженерного бизнеса и менеджмента инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Сфера научных ин-*

тересов: возобновляемые источники энергии, управление проектами, инновации. *Контактная информация*: e-mail: zhiltsov_sa@rudn.university

Карпушин Артур Александрович, магистрант Департамента инженерного бизнеса и менеджмента инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Сфера научных интересов*: малая энергетика, технико-экономические обоснования, оценка эффективности проектов. *Контактная информация*: e-mail: akareeee@mail.ru

USE OF TROPICAL HELIOS SOLAR PANELS FOR STAND-ALONE POWER SUPPLY TO CONSUMERS

S.A. Zhiltsov, A.A. Karpushin

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

More and more regions make investments in renewable power. Objectively there is a threat of climate change due to use of combustible fuel. It means that more and more countries will pass to ecologically safe and renewable power — solar, windy and tidal.

With transition to the third industrial revolution, there will be a household a part of production of work. We hear about emergence of the distributed networks — Smart Grid in which each consumer of energy can become it producer.

The purpose of this work is development of a design of the solar panel which can be used as the independent power supply for street lighting and stations of charging of devices in the conditions of big deviations of corners on the chart of a solar way for the regions remote from the equator.

So heliotropic installation — it is an effective way to control the solar panel due to the adjustment of its position relative to the sun. This is especially true for regions far from the equator. In this paper we briefly presented the financial forecast of the solar energy market, proposed solar installation design heliotropic type and given its comparison with the classical stationary installation.

Key word: solar energy, solar cells, renewable energy, heliotropic solar

REFERENCES

- [1] The report on development of RES and the offer in power strategy of Russia. Available from: <http://gisre.ru> [cited 2016 Dec. 12].
- [2] IRENA. *Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region*. Abu Dhabi, 2016. 454 p.
- [3] Causes effects solution urbanization. Available from: <http://www.conserve-energy-future.com/causes-effects-solutions-urbanization.php> [cited 2016 Dec. 12].
- [4] Kukreti K., Pratap A., Brijeh K. *Recent Advancements and Overview of Organic Solar Cell*. ICCCA, 2016.
- [5] Rath J. Low temperature polycrystalline silicon: a review on deposition, physical properties and solar cell applications. *Solar Energy Materials and Sola-Cells*. 2003; 76(4): 431—487.
- [6] Rasool F., Drieberg M., Badruddin N., Singh B. *Modeling of PV Panels Performance Based on Datasheet Values for Solar Micro Energy Harvesting*, 2016.
- [7] Chien L.J., Drieberg M., Sebastian P., Hiung L.H. *A simple solar energy Harvester for Wireless Sensor Networks*, 2016.

Article history:

Received: 3 March 2017

Accepted: 15 March 2017

For citation:

Zhiltsov S.A. Karpushin A.A. (2017) Use of tropical helios solar panels for stand-alone power supply to consumers. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(2), 266–274.

Bio Note:

Sergey A. Zhiltsov, Assistant Lecturer, Department of engineering business and management, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research interests*: Renewable energy sources, project management, innovations. *Contact information*: e-mail: zhiltsov_sa@rudn.university

Artur A. Karpushin, Master's Degree student, Department of engineering business and management, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research interests*: Small power engineering, feasibility studies, evaluation of project efficiency. *Contact information*: e-mail: akareeee@mail.ru