

ВЫБОР СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОМОЩНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ

В. В. Руднев, В. А. Шинаков, Е. А. Сидоров

*Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация*

Научный руководитель В. И. Бирюлин

В настоящее время все большее значение приобретают проблемы охраны природной среды и ее воспроизводства, а также надежного обеспечения человечества топливом и энергией. Эта глобальная проблема связана, прежде всего, с ограниченностью важнейших органических и минерально-сырьевых ресурсов планеты и негативным воздействием традиционных способов получения топливно-энергетических ресурсов на окружающую среду. Использование альтернативных источников энергии является в настоящее время одним из главных путей решения энергетической проблемы.

Важное место среди альтернативных энергетических источников занимает использование солнечной энергии в различных видах, в том числе и для выработки электроэнергии на солнечных электростанциях. В современном мире используется много солнечных электростанций различной мощности и состава. Они позволяют получать электроэнергию без загрязнения окружающей среды.

Солнечные электростанции являются перспективными источниками для применения в малой энергетике, например, чтобы обеспечить электроснабжение потребителей небольшой мощности, особенно удаленных от централизованной электрической сети. Их работа основана на преобразовании световой энергии в электричество солнечными батареями.

Для наглядного пояснения такого явления рассмотрим суточное изменение положения Солнца в день, близкий к летнему солнцестоянию. Определим моменты восхода и захода Солнца, а также время, когда Солнце пересекает направления на восток и на запад, или же моменты начала и окончания освещения солнечных панелей. Рассчитать эти моменты времени можно используя известные формулы, приведенные в разных изданиях [1]–[3].

Более просто можно определить эти данные при использовании компьютерных программ планетариев, например, свободно распространяемой программой Stellarium [4]. Точность получаемых результатов при таком способе будет ниже, чем при использовании расчетного способа, но вполне достаточной для наших целей.

В качестве примера возьмем день летнего солнцестояния – 22 июня 2017 г. Для него по программе Stellarium определяются следующие результаты (по московскому времени):

- восход Солнца 4 ч 30 мин (4,5 ч) или t_1 ;
- пересечение направления на восток 7 ч 50 мин (7,83 ч) или t_2 ;
- пересечение направления на запад 17 ч 20 мин (17,33 ч) или t_3 ;
- заход Солнца 20 ч 50 мин (20,83 ч) или t_4 .

Очевидно, что Солнце будет освещать панели солнечной электростанции только в промежуток времени D_t , определяемый как

$$D_t = t_3 - t_2. \quad (1)$$

Подставляя численные значения в формулу (1), получаем результат, равный 9 часов 30 мин или 9,5 ч. Всего же длина светового дня D для этой даты составляет:

$$D_t = t_4 - t_1. \quad (2)$$

В рассматриваемый день она составляет 16 ч 20 мин, или 16,33 ч. Таким образом, интервал времени прямого освещения панелей составляет $9,5/16,33 = 0,58$, или 58 % от общей продолжительности светового дня.

Для увеличения использования световой энергии в настоящее время предлагается применять перемещение или слежение солнечных батарей за Солнцем. Такое решение лучше использовать для небольших солнечных электростанций, так как на подобных электростанциях большой мощности применяются солнечные панели больших размеров, которые целесообразно устанавливать неподвижно, чтобы избежать значительного усложнения механической части.

Это слежение может осуществляться несколькими способами, самый простой из которых – вращение солнечной панели только вокруг вертикальной оси, что обеспечивает простую конструкцию привода и механической части. При этом сама панель может располагаться под различными углами к плоскости горизонта.

Для оценки эффективности использования солнечного света определим значения относительной освещенности или отношения освещенности батареи при падении световых лучей под углом 90° и под произвольным углом для разных вариантов установки солнечных батарей. В качестве примера рассмотрим два варианта. Первый вариант – установка батарей вертикально, второй вариант – установка батарей под углом 45° к горизонтальной плоскости, или линии горизонта. Расчеты выполним для двух календарных дат: день летнего солнцестояния (22 июня) и день зимнего солнцестояния (22 декабря).

На первом шаге определяем угловую высоту Солнца в градусах над горизонтом в течение светового дня с интервалом в полчаса. Эту операцию производим с помощью компьютерной программы Stellarium. Введем обозначение для данного угла – α . Известно, что освещенность в случае падения лучей наклонно на поверхность уменьшается пропорционально косинусу угла падения лучей или угла падения лучей света относительно нормали к поверхности [5].

Рассматриваемые варианты установки солнечных батарей приведены на рис. 1. Очевидно, что при вертикальной установке угол падения лучей света относительно

нормали к поверхности будет равен высоте Солнца над горизонтом, или углу γ . При установке под углом 45° этот угол определяется как $45^\circ - \gamma$.

Исходя из этого определяем значения относительной освещенности для этих вариантов и двух заданных выше календарных дат.

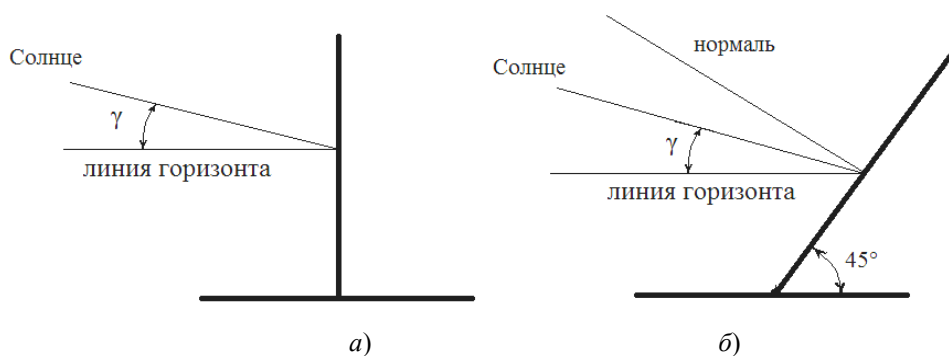


Рис. 1. Виды установки солнечных батарей:
а – вертикально; б – под углом 45° к горизонту

Для более наглядного представления полученные результаты приведены на графиках (рис. 2).

Эти данные по относительной освещенности показывают, что в летнее время вертикальная установка панелей солнечных батарей является менее эффективной, чем установка под углом в 45° . Еще более эффективной будет установка под углом, равным широте места установки [6], для Курска это значение составляет 52° [7].

Приведенные значения относительной освещенности показывают, что для наиболее полного использования солнечной энергии необходимо применять систему управления положением солнечных батарей. На сегодняшний день имеется много подобных конструкций, например – **солнечный трекер «ED-1500 Dual»** – автоматическая поворотная конструкция для солнечных батарей, динамически ориентирующаяся относительно положения Солнца, обеспечивая оптимальное положение солнечных модулей. Точное отслеживание Солнца достигается за счет систем с одной или двумя осями слежения [8]. Ориентация трекера происходит в двух плоскостях: вверх-вниз: от -10° до 75° ; влево-вправо: от -120° до 120° . Стоимость этого устройства составляет 272000 р.

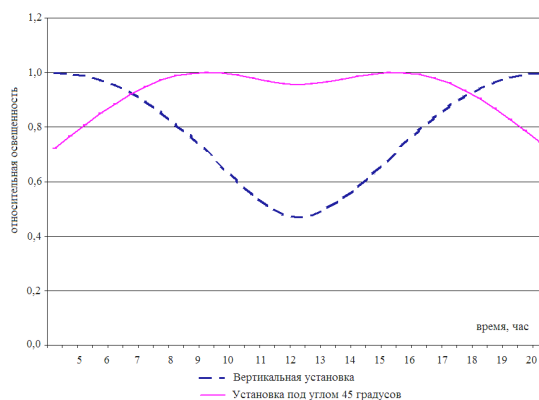


Рис. 2. Графики изменения относительной освещенности солнечных батарей для дня летнего солнцестояния

Использование для ориентации на Солнце двух датчиков освещенности не может обеспечить нормальную работу системы управления в случаях хотя бы кратковременного закрытия Солнца облаками. В этой ситуации освещенность становится более равномерной, чем при отсутствии облачности, и управляющие сигналы на поворот панелей солнечных батарей могут не вырабатываться, в результате чего при появлении Солнца будет необходимо время для обеспечения поворота. Следует также отметить довольно высокую стоимость данного устройства.

Кроме этого для поворота на восходящее Солнце потребуется также определенное время, если солнечная батарея осталась в направлении на точку захода Солнца в предыдущий день. Датчики освещенности будут направлены в противоположную от Солнца сторону. Поэтому потребуется некоторое время, чтобы на них создалась неравномерность освещения, достаточная для работы системы управления и обеспечения поворота на восходящее Солнце.

Для устранения данных недостатков необходимо применение других принципов управления положением солнечной батареи. В автоматизированной солнечной электростанции, разработанной на кафедре электроснабжения Юго-Западного государственного университета, солнечная батарея автоматически изменяет свое положение таким образом, чтобы она была постоянно направлена на Солнце, вследствие чего угол падения солнечных лучей на поверхность панели будет в течение дня близок к 90° . Движение панели производится электроприводом по командам, поступающим из блока управления.

Для реализации подобного блока можно использовать микроконтроллер на базе Raspberry Pi. В отличие от существующих аналогов, использующих управляющие сигналы с датчиков освещенности, команды для работы электропривода этой солнечной электростанции формируются управляющей программой. Для работы программы необходимо предварительно задать координаты места установки солнечной электростанции. Данная операция может осуществляться в автоматическом режиме, если в состав оборудования входит модуль GPS, обеспечивающий определение координат места установки и текущего времени по принимаемым сигналам от спутников.

Программа определяет для каждого дня время восхода Солнца и место (азимут) точки восхода. Перед началом восхода программа обеспечивает выход солнечной электростанции из ночного или «спящего» режима, и выдает команду на поворот панелей батареи на место восхода Солнца в текущий день. Данные расчеты производятся по формулам, приведенным в [1]–[3], [7].

Затем программа производит определение горизонтальных координат Солнца (азимут, высота) с небольшим интервалом времени в течение всего светового дня, по полученным значениям осуществляется постоянное слежение за положением Солнца, даже находящегося в облаках. Формулы для таких расчетов взяты из [1]–[3], [7]. После захода Солнца программа останавливает работу электропривода и переводит солнечную электростанцию в дежурный режим.

Заключение. Предлагаемая автоматизированная солнечная электростанция позволяет максимально использовать солнечную энергию в течение светового дня. Это достигается программным способом управления положением солнечной батареи. Такой способ управления обеспечивает постоянную ориентацию на Солнце от момента восхода до момента захода независимо от наличия облачности и других возможных факторов, снижающих эффективность работы систем управления с датчиками освещенности.

Л и т е р а т у р а

1. Куликов, К. А. Курс сферической астрономии / К. А. Куликов. – М. : Наука, 1976. – 232 с.
2. Меес, Ж. Астрономические формулы для калькуляторов / Ж. Меес. – М. : Мир, 1988. – 167 с.
3. Жаров, В. Е. Сферическая астрономия / В. Е. Жаров. – Фрязино, 2006. – 480 с. – Режим доступа: <http://www.stellarium.org>.
4. Гуревич, М. М. Фотометрия. Теория, методы и приборы / М. М. Гуревич. – 2-е изд. – Л. : Энергоатомиздат ; Ленингр. отд-ние, 1983. – 272 с.
5. Режим доступа: сайт <http://stroymanual.com/perspektivy-i-ispolzovaniya-solnechnyih-batarey/>.
6. Куликовский, П. Г. Справочник любителя астрономии / П. Г. Куликовский ; под ред. В. Г. Сурдина. – 5-е изд., перераб. и полн. обновл. – М. : Эдиториал УРСС, 2002.
7. Режим доступа: сайт <http://energy-ds.ru/catalog/generating/solnecnye-trakery.html>.
8. Воротников, В. Я. Упрочнение твердыми наплавочными сплавами вооружения шарошек буровых долот : монография / В. Я. Воротников, Н. М. Гайдаш, Ю. А. Артеменко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кур. гос. техн. ун-т. – Курск, 2004.