СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР ДЛЯ ФОТОТЕРМОГЕНЕРАТОРА СЕЛЕКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**Зокиров Санжар Икромжон угли**

докторант, ст. преподаватель кафедры ИИС,
Ферганский Политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: phd-2019@mail.ru

Норбутаев Маъсуджон Абдурасулович

соискатель, ст. преподаватель кафедры ИИС,
Ферганский Политехнический институт,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: nmasudjon@gmail.com

SOLAR TRACKER FOR SELECTIVE RADIATION PHOTOTHERMOGENERATOR**Sanjar Zokirov**

Doctoral student, senior lecturer of the IES department
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Masudjon Norbutaev

Senior lecturer of the IYS department,
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

Известно, что солнечные трекеры позволяют настраивать нормали поверхности солнечных элементов под оптимальным углом по отношению к падающему солнечному свету, и, в свою очередь, позволяют использовать весь их потенциал (относительно). В связи с этим в статье анализируются эффективность, структура, принцип действия и характеристики двухосных солнечных трекеров. Классифицируются типы, анализируются технология и возможность создания солнечного трекера для использования с фототермогенератором селективного излучения.

ABSTRACT

It is known that solar trackers allow you to tune the surface normals of solar cells at an optimal angle with respect to the incident sunlight, and, in turn, allow you to use their full potential (relatively). In this regard, the article analyzes the efficiency, structure, principle of operation and characteristics of biaxial solar trackers, classifies the types. Analyzes the technology and the possibility of creating a solar tracker for use with a selective radiation photothermogenator.

Ключевые слова: солнечный трекер, фотоэлемент, термоэлемент, фототермогенератор, коэффициент полезного действия.

Keywords: solar tracker, photocell, thermoelement, photothermogenator, efficiency.

Введение

Известно, что основным недостатком фото- и термопреобразователей является относительно невысокая эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую и этот показатель, также напрямую зависит от угла падения солнечного света относительно поверхности элемента. В связи с этим горизонтальные и вертикальные угловые изменения траектории Солнца при его годовом и суточном движении вызывают проблемы с максимальным использованием возможностей фото- и термоэлементов. В стационарных солнечных панелях эта

проблема может быть частично решена путем регулировки угла установки панели до оптимальных значений. Но эффективнее установить панель на солнечных трекерах, которые автоматически определяют солнечные координаты.

Обзор литературы

Сегодня широко изучаются технологии создания солнечных трекеров и их использования для повышения эффективности солнечных электростанций. В настоящее время существуют солнечные трекеры с одной [1] и двумя [2] осями вращения. Разрабатываются математические модели для обеспечения

оптимального расположения солнечных панелей и других систем преобразования энергии относительно солнечной координаты и их высокой эффективности на малых и больших электростанциях с использованием трекеров. Исследуется технические, экологические, экономические и научно-практические проблемы [3, 4, 5, 6, 7] их использования в промышленном секторе.

Использование солнечных трекеров, предназначенных для работы с крупномасштабными системами, особенно неудобно из-за природных явлений [8, 9]. Например, Из-за отсутствия прямого направленного света в условиях облачности эффективность концентраторов установленных на трекерах резко снижается. Одно из оптимальных решений для определения солнечных координат в таких условиях дано в работе Дж. Антонанзаса [10] и других. А предложенный Эльшербином трекер был реализован на базе контроллеров Arduino UNO, а его устойчивость к сильным ветрам была достигнута с помощью датчиков ветра [11]. Кроме того, широко изучаются практические и экономические вопросы эффективного использования существующих трекеров в различных регионах [12, 13, 14].

Анализ показывает, что хотя солнечные трекеры позволяют настраивать нормали поверхности солнечных элементов под оптимальным углом по отношению к падающему солнечному свету, и, в свою очередь, позволяют использовать весь их потенциал (относительно), особенно при использовании с концентраторами или в жарком климате, температура системы резко возрастает, и общий КПД системы не дает ожидаемых результатов.

Классификация солнечных трекеров

Системы автоматического определения солнечных координат классифицируются по различным критериям, включая используемые системы управления, драйверы, принципы определения координат, направления движения и т. д. [15].

В зависимости от используемой системы управления они делятся на трекеры с разомкнутым и замкнутым контуром. Трекеры с замкнутым контуром оснащены датчиками света, и полученные от них сигналы используются контроллером / микропроцессором для исправления ошибок определения координат солнца [16]. А в солнечных трекерах с открытым контуром контроллер работает на основе предварительно введенных данных и строгого алгоритма. В таких системах невозможно наблюдать и оценивать ситуацию в реальных условиях.

Солнечные трекеры делятся на активные и неактивные по принципу работы двигательной установки. Неактивные солнечные трекеры, в отличие от активных трекеров, не используют никаких электронных элементов для управления системой. Принцип работы такую системы основана на физических явлениях. Активные солнечные трекеры более эффективны, но для работы им требуется определенное количество электроэнергии.

При классификации солнечных трекеров в основном учитывается направление их движения

и делится на одно- и двухосные трекеры. В одноосных солнечных трекерах орбитальный угол обычно имеет постоянное оптимальное значение]. Вторая ось позволяет регулировать горизонтальный угол солнечных панелей в соответствии с дневным движением солнца. Двухосные солнечные трекеры способны двигаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Такие системы более эффективны, чем одноосные, но технически более сложны.

Принципиальная схема системы автоматического определения солнечных координат

При разработке принципиальной конструкции солнечного трекера, служащего подложкой для фототермогенератора селективного излучения, учитывались параметры следующих устройств и элементов:

1. Плата Arduino Uno (Arduino UNO R3 CH340G). Этот контроллер представляет собой отладочный комплекс на базе микроконтроллера ATmega328, который действует как посредник между пользователем и микроконтроллером. Подключение к пинам (точкам подключения) микроконтроллера осуществляется с помощью щелевых разъемов, приваренных к обеим сторонам платы. С их помощью пользователь может подключать микроконтроллеры ATmega328 к внешним устройствам с помощью простых проводов. Также существует множество стандартных шилдов, позволяющих расширить возможность платы с помощью каскадного подключения. USB-порт платы выполняет две разные функции: канал для обмена информацией между микроконтроллером и компьютером и средство загрузки записанной программы для устройства в микроконтроллер ATmega328. Связь с компьютером осуществляется с помощью модуля интерфейса последовательной передачи (UART), предварительно установленного на микроконтроллере ATmega328, а обмен сигналами осуществляется через контакты 0 (RX) и 1 (TX). Поскольку плата Arduino Uno оснащена загрузчиком на основе протокола STK500, нет необходимости в отдельном программаторе для его использования. Компьютер, подключенный к USB-порту, можно использовать в качестве источника питания для работы платы. Также возможно использование адаптера постоянного / переменного тока или контакта Vin с выходным напряжением 7-12 В при использовании в автономных устройствах. Во втором случае отрицательные контакты источника необходимо подключить к одному из GND контактов платы. Он имеет контакты 5 В и 3,3 В в качестве источника напряжения для устройств, подключенных к плате. Выходной контакт напряжения 3,3 В может обеспечивать ток 50 мА. На плате имеется контакт, позволяющий работать с 14 цифровыми и 6 аналоговыми сигналами. Каждый контакт позволяет принимать и вводить сигнал с напряжением 5 В и максимальным током 40 мА. Каждый из аналоговых контактов имеет 10-битный микроконтроллер АЦП. Это означает, что напряжение на каждом контакте можно измерять одновременно и обрабатывать в виде значений от 0 до 1024.

2. Серводвигатель MG995 - это устройство, которое преобразует сигналы от контроллера в угол поворота, который строго соответствует этому сигналу. Используется от 2-х таких двигателей с рабочим напряжением 4,8-7,2 В, углом поворота 120° и частотой вращения 0,20с / 600 и 0,16с / 600 при 4,8В и 6В соответственно, крутящий момент 8,5кг / см при 4,8 В и 10 кг / см при 6 В для горизонтального и вертикального вращения фототермогенератора

3. 4 полупроводниковых фоторезистора для измерения интенсивности света (минимальное и максимальное значения аналоговых сигналов, получаемых от них при подключении к камере, равны 0 и 1023 единицы соответственно).

4. В ходе экспериментов в качестве зарядных устройств использовались литий-полимерные аккумуляторы для умных часов GT08 (емкость 350 мА / с, внутреннее сопротивление $\leq 150 \text{ m}\Omega$, напряжение зарядки $\leq 4,2\text{В}$).

Предлагаемые нами солнечные трекеры основаны на схемах, представленных на фигуре 1, где контроллер непрерывно принимает сигналы от фоторезисторов (фиг. 2), подключенных через аналоговую точку подключения (временной интервал приема сигналов во время экспериментов составляет 5 минут) и анализирует значения.

Рисунок 1. Электрическая схема одноосевого (а) и двухосевого (б) солнечного трекера на плате Arduino UNO

Рисунок. 2. Расположение фоторезисторов

Значения, полученные от фоторезисторов, расположенных горизонтально и вертикально, используются для определения оптимального угла относительно солнечных координат соответственно. Разница в значениях фоторезисторов 1-2 и 3-4 используется в горизонтальной настройке, а разница в значениях фоторезисторов 1-3 и 2-4 используется в вертикальной настройке. Если, соответственно, модуль разности значений, полученных от фоторезисторов, меньше 20 единиц, это означает, что светопринимающая поверхность системы освещена оптимально. Это значение принято условно и может быть изменено в зависимости от электротехнических характеристик и уровня чувствительности используемых фоторезисторов. Уменьшить значение разностного модуля можно при высокой чувствительности фоторезисторов. Однако не рекомендуется принимать сигналы с взаимно равными значениями как оптимальные значения. Поскольку технические параметры серийно выпускаемых фоторезисторов не идеальны, цифровое значение получаемых от них аналоговых сигналов постоянно меняется. Это заставляет контроллер непреднамеренно изменять координаты системы, что приводит к чрезмерному потреблению энергии двигателями, которые приводят систему в действие. Из-за дороговизны фоторезисторов с очень высокой точностью их использование экономически нецелесообразно. Если модуль разности между принятыми сигналами больше указанного значения, светопринимающая поверхность системы не будет находиться под оптимальным углом к солнцу. Если разница связана с сигналами фоторезисторов 1–3 и / или 2–4, то систему необходимо откалибровать по горизонтали. В зависимости от того, меньше или больше разница, положительный сигнал передается на реле, подключенное к соответствующему входному контакту серводвигателя, подключенного к контроллеру. В результате выходной вал серводвигателя вращается влево / вправо на угол в 1 градус. Процесс проверки сигналов и регулировки угла повторяется очень маленькими шагами до тех пор, пока модуль разности не станет меньше 20. Чем меньше шаг поворота, тем больше количество поворотов и результирующее время регулировки (максимум 25-30 секунд для поворота на самый дальний угол от исходного положения трекера) и количество энергии, затрачиваемой на это. Но эти затраты

компенсируются эффективностью, достигаемой за счет точности угла поворота. Скорость вращения системы составляет 0,16–0,2 с / от 60° до 120° и стабильно работает при температурах от -20°C до + 50°C.

Экспериментальные результаты и выводы

В августе 2019 года был проведен эксперимент по определению эффективности солнечных элементов, установленных стационарно и на солнечных трекерах. В ходе экспериментов в районе с координатами 40,25°25'5" северной широты и 71°45'42" восточной долготы в городе Фергана светоприемная поверхность фотоэлементов на стационарном трекере, были установлены под углом 60° градусов к востоку. Эксперименты проводились в течение 11 часов с 07:00 до 18:00.

Согласно теоретическим расчетам, если условно принять способность солнечных панелей преобразовывать солнечный свет в электричество равной 100%, то в идеале их КПД может достигать 98-100% при установке с погрешностью до 15° относительно оптимальный угол отклонения. Однако эксперименты показали, что этот показатель подходит для конкретного случая на очень короткий промежуток времени, без учета влияния внешних факторов. Максимальная эффективность от условно принимаемого максимально возможного потенциала стационарных фотоэлементов составила 63%, а среднесуточная эффективность - 24%. Такой низкий уровень эффективности связан с теоретическими и техническими ошибками при установке устройств. Максимальная и средняя эффективность солнечных элементов, установленных на солнечном трекере, составила 97,5% и 62% соответственно. Вместо вывода, можно отметить следующие:

1. Снижение эффективности солнечных элементов, размещенных на солнечном трекере, связано с повышением температуры. Это означает, что использование фотоэлементов в составе фототермогенератора, установленного на солнечном трекере, и их подключение к дополнительной системе охлаждения может обеспечить стабильность и высокую эффективность получаемых с них значений.

2. Во время экспериментов нефотоактивные лучи направлялись на светопринимающую поверхность термоэлемента TEC1-12706 производства NB Corporation. В результате было отмечено, что под действием света высокой интенсивности температура на горячей поверхности термопары достигала 120-150 °C. Рабочая температура горячей поверхности элементов образца составляла 138 °C, как показано на его технический паспорт. А под воздействием перегрева его КПД достиг более низких значений, чем ожидалось. То есть выходная мощность элемента составила 30-35 Вт, что почти вдвое меньше указанной в технических характеристиках (50 Вт). Максимальная рабочая температура серийно выпускаемых термопар этого типа очень низкая, поэтому для достижения высокого общего КПД предлагаемого фототермогенератора целесообразно использовать высокотемпературные термоэлементы.

Список литературы:

1. Performance evaluation of a solar tracking PV panel. T. Tudorache, C.D. Oancea and L. Kreindler. 2012. University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin, Vol. 74(1), pp. 3-10.
2. Design and Simulation of Dual Axis Solar Tracker for Optimum Solar Energy Absorption. S.K. Jilled, D. Tesfazgi, F. Foto, M. Ali, A. Atta and A. Yemane. 2019. International Journal of Sensors and Sensor Networks, Vol. 7, Iss. 3, pp. 34-43.
3. Techno-economic performance analysis of the smart solar photovoltaic blinds considering the photovoltaic panel type and the solar tracking method. H. Kang, T. Hong, S. Jung and M. Lee. 2019. Energy and Buildings, Vol. 193, pp. 1-14.
4. Maximum Collectable Solar Energy by Different Solar Tracking Systems. N.H. Helwa, A.B. Bahgat, A.M. El Shafee and E.T. El Shenawy. 2000. Energy Sources, Vol. 34, Iss. 22, p. 23.
5. Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review. A. Hafez, A. Yousef and N. Haraga. 2018. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 91, pp. 754-782.
6. Automated positioning dual-axis solar tracking system with precision elevation and azimuth angle control. M. Sidek, N. Azis, W. Hasan, M. Ab Kadir, S. Shafie и M. Radzi. 2017. Energy, Vol. 124, pp. 160-170.
7. Design, implementation and performance analysis of a dual-axis autonomous solar tracker. M. Munna, M. Bhuyan, K. Rahman и M. Hoque. 2015. 3rd International Conference on Green Energy and Technology (ICGET), Dhaka.
8. Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review. N. AL-Rousan, N.A. M. Isa and M.K. M. Desa. 2018. Renewable and sustainable energy reviews, Vol. 82(P3), pp. 2548-2569.
9. Hybrid Solar Tracking System: A Brief Overview. D. Tamang and O.P. Roy. 2019. IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT).
10. Optimal solar tracking strategy to increase irradiance in the plane of array under cloudy conditions: A study across Europe. J. Antonanz, R. Urraca, F.J.Martinez-de-Pison и F. Antonanzas. 2018. Solar Energy, Vol. 163, pp. 122-130.
11. Design of single-axis and dual-axis solar tracking systems protected against high wind speeds. M. Elsherbiny, A. Wagdy, H. Ismail and A. Mikhail. 2017. International Journal of Scientific & Technology Research, Vol. 6, iss. 9, pp. 84-89.
12. Development of a solar cooker with solar tracking system and determination of performance. H. Polatçı and A.K. Yıldız. 2016. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Vol. 33, pp. 137-142, 2016.
13. Solar tracking for automatic irrigation system. S. Muralidhar, T.M. Chandrashekharaiah and S. Doddamani. 2019. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, Vol. 17, Iss. 4, pp. 31-34.
14. Design and Performance Evaluation of a Dual-Axis Solar Tracking System for Rural Applications. H. Amadi and S. Gutierrez. 2019. European Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 3, Iss.
15. Review on sun tracking technology in solar PV system. A. Awasthi, A. Shukla, M. Murali, C. Dondariya, K. Shukla, D. Porwal и G. Richhariya. 2020. Energy Reports, Vol. 6, pp. 392-405.
16. Проектирование автоматической поворотной системы для солнечной электростанции. А. Кондуров и др. 2020. Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК, стр. 113-122.