Кулбаев Асламбек Едилбаевич

магистрант

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

г. Астрахань, Астраханская область

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

***Аннотация**: в статье проведен сравнительный анализ основных видов устройств слежения за солнцем. Разработана схема контроллера для оптимального позиционирования фотоэлектрических установок.*

***Ключевые слова**: солнечный трекер, ориентация на солнце, солнечные батареи.*

Солнечный трекер (Solar tracker) – устройство, предназначенное для отслеживания положения солнца и ориентирования несущей конструкции фотоэлектрической установки таким образом, чтобы получить максимальную выработку от солнечных батарей (или других устройств, установленных на трекере). Концепция трекера предельно проста – по нескольким датчикам контроллер определяет оптимальное положение для солнечной батареи и заставляет серводвигатель поворачивать платформу с устройством в необходимую сторону [1].

Трекер выбирается в зависимости от условий, в которых он будет эксплуатироваться. Эти условия включают в себя: широту местности, погодные условия, габариты установки, доступную площадь для установки и прочее [2].

Классифицируются трекеры по количеству и положению осей вращения.

Трекеры с одной осью вращения – Single axis trackers (SAT) называются одноосевыми. Ось вращения данного типа трекеров может располагаться в любых координатных направлениях и использовать любой алгоритм слежения, например SPA (Solar Position Algorithm). Существует несколько реализаций одноосевых трекеров. Они включают в себя трекеры с горизонтальной осью вращения

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

(HSAT), вертикальной осью вращения(VSAT), с наклонной осью вращения(TSAT) и с полярно-ориентированной осью вращения (PSAT).

Трекеры с горизонтально ориентированной осью – Horizontal single axis tracker (HSAT) имеют ось вращения, расположенную горизонтально по отношению к земле. На рисунке 1 представлен данный тип трекера.

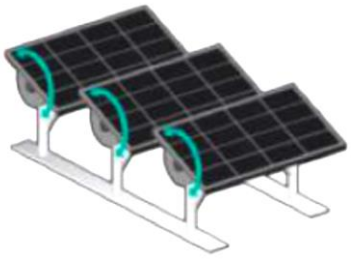

Рис. 1. Трекер с горизонтально ориентированной осью вращения

Оси вращения каждого ряда солнечных батарей располагаются параллельно друг другу. В зависимости рельефа местности определенный интервал между соседними рядами осей поможет увеличить выработку всей системы.

В HSAT длинные горизонтальные трубы опираются на подшипники, установленные на пилонах. Оси трубок ориентированы на линии север-юг. Панели монтируются на трубке, а трубка будет вращаться вокруг своей оси, чтобы отслеживать видимое движение солнца в течение дня.

Вторая разновидность – это трекеры с вертикальной осью вращения – Vertical single axis tracker (VSAT), в которых ось вращения вертикальна по отношению к земле. Трекер изображен на рисунке 2. Данный вид трекеров вращается вслед за Солнцем в течение дня. Такие трекеры являются более эффективными в высоких широтах, чем HSAT. При построении полей с данным типом трекеров также необходимо учитывать затенение от соседних рядов, чтобы избежать ненужных потерь энергии и максимально задействовать доступную рабочую площадь.

VSAT обычно имеют конструкцию, ориентированную под углом по отношению к оси вращения, а полезная нагрузка (например, фотоэлементы) устанавливаются на неё.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Рис. 2. Трекер с вертикально ориентированной осью вращения

Следующий вид одноосевых трекеров – это трекеры с одной наклонной осью вращения – Tilted single axis tracke(TSAT), ось вращения в данных трекерах располагается между горизонтальной и вертикальной. Фото данного трекера изображено на рисунке 3.

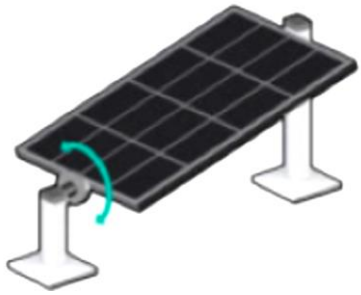

Рис. 3. Трекер с одной наклонной осью вращения

Второй тип трекеров – это трекеры с двумя осями вращения – Dual axis trackers (DAT) или двухосевые. DAT имеют две степени свободы, которые выступают в качестве осей вращения. Эти оси, как правило, не связаны друг с другом, но работают вместе. Существует несколько общих реализаций двухосевых трекеров. Они классифицируются по направленности их основной оси по отношению к земле. Два наиболее распространенных вида двухосевых трекеров: TTDAT и AADAT.

Трекеры с двумя осями вращения на несущем столбе – Tip-tilt dual axis tracker (TTDAT), названы таким образом, потому что массив с панелями монтируется на конце длинного столба. Данный трекер представлен на рисунке 4. Движение трекера с востока на запад управляется поворотом массива вокруг верхнего полюса, на котором закреплён подшипник. В верхней части вращающегося

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

подшипника находится механизм, который обеспечивает вертикальное вращение панелей и обеспечивает основные точки крепления для массива панелей.

Рис. 4. Трекер с двумя осями вращения на несущем столбе

Рекомендации по установке полей с TTDAT точно такие же, как и для любых других видов или типов трекеров. Оси вращения TTDAT, обычно выравниваются либо по северному меридиану или по линии широты восток-запад.

Трекеры с двумя осями вращения и опорной плоскостью – Azimuthaltitude dual axis tracker (AADAT), в которых главная ось – вертикальная (представлен на рисунке 5). Они похожи на TTDAT, но отличаются по способу поворота массива. Вместо вращающегося массива вокруг верхнего полюса столба, AADAT системы обычно используют большое кольцо, установленное на земле или платформе. Вся система устанавливается на ролики или на большую платформу с подшипниками.

Рис. 5. Трекер с двумя осями вращения и опорной плоскостью

Основным преимуществом такого расположения является то, что вес массива распределяется по частям кольца, в отличие от одной точки загрузки полюса в TTDAT. Это позволяет AADAT поддерживать гораздо больший массив солнечных панелей или отражателей, в отличие от TTDAT, однако, системы AADAT не

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

могут быть размещены ближе друг к другу, чем диаметр кольца, что может привести к снижению плотности застройки системы, особенно с учетом меж-трекерного затенения.

В целом, двухосевые трекеры являются более точными при концентрировании прямо на Солнце, которое обычно является ярким пятном в небе, однако, двухосевые трекеры стоят дороже и с течением времени быстрее теряют свою надежность, чем одноосевые. С другой стороны одноосевой трекер имеет более низкую стоимость и более высокую надежность. Последнее особенно важно, так как ожидается, что срок службы системы будет превышать 20 лет или более. Рассмотрите группу двухосевых трекеров в пасмурный день, и вы увидите их рассредоточение по всему небу. Между тем, группа одноосевых трекеров будет смотреть в одном направлении и производить примерно такое же количество энергии в час с намного меньшими потерями.

Какой выбрать тип трекера зависит от того, где вы находитесь на Земле. В преимущественно солнечных областях, таких как пустыни и экваториальные регионы атмосфера обычно яснее. Эти регионы имеют высокий «Индекс ясности неба» больше, чем 0.7 – 0.8 или более. Индекс ясности неба является мерой того, насколько прозрачным является небо. Как сильно облака поглощают, отражают или преломляют энергию Солнца. Низкая ясность рассеивает свет, как в туманный или пасмурный день. Высокая прозрачность около 0.7 – 0.8 означает очень солнечный день с небольшим затуманиванием или облачностью в атмосфере. Здесь двухосевой трекер оправдывает своё применение и может достичь производства энергии на 40–45% больше, чем в фиксированном положении, при идеальном наклоне для данной широты. Но большинство стран развитого мира живут в условиях умеренного климата, где индекс ясности неба редко лучше, чем 0.5, как, например, в большей части Северной Америки.

Существует несколько способов управления системой ориентации трекера.

Первый способ подразумевает использование фотоприемников. Фотоприёмники – это датчики, получающие информацию о местоположении Солнца на небе. Они дают информацию о том, как нужно сориентировать солнечные

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

батареи. Существенный минус этого способа заключается в том, что в облачную или пасмурную погоду информация с фотоприёмников будет разниться, и солнечную батарею не удастся навести в нужное положение.

Другой способ – это использовать ручное управление. Управляя актуаторами, можно установить солнечные батареи в заранее записанные положения (используя переключатели). В течение дня использовать такой способ сложно, а вот для сезонного применения он достаточно эффективен, когда необходимо изменить угол наклона трекера относительно земли вслед за изменением склонения Солнца.

Следующий способ – это применение таймера. Благодаря его использованию устройства, отвечающие за ориентацию в трекере, будут поворачивать солнечную батарею по времени движения Солнца в течение дня.

Но наилучший способ – это программное управление механизмом вращения. Рассчитав местоположение Солнца в определенный момент времени, специальное программное обеспечение передаёт эту информацию на электростанцию, и с учётом полученных данных трекер устанавливает угол наклона всего поля солнечных батарей и направляет их в нужную сторону.

Каждый из способов управления подходит для различных условий. Для частного использования подойдет ручной способ управления с изменением угла наклона два раза за год (весной и осенью). Экономически нецелесообразно устанавливать трекеры для нескольких панелей или коллекторов. Для крупных электростанций или полей с солнечными батареями актуален только программный способ управления трекерами [3].

Учитывая особенности ежедневной траектории движения солнца можно сказать, что эффективный угол поворота панелей – около 150°. Панель, которая зафиксирована в направлении ровно по середине между точками заката и востока теряет до 75% от максимально возможной выработки в утреннее и вечернее время, это можно увидеть на рисунке 6 [4].

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

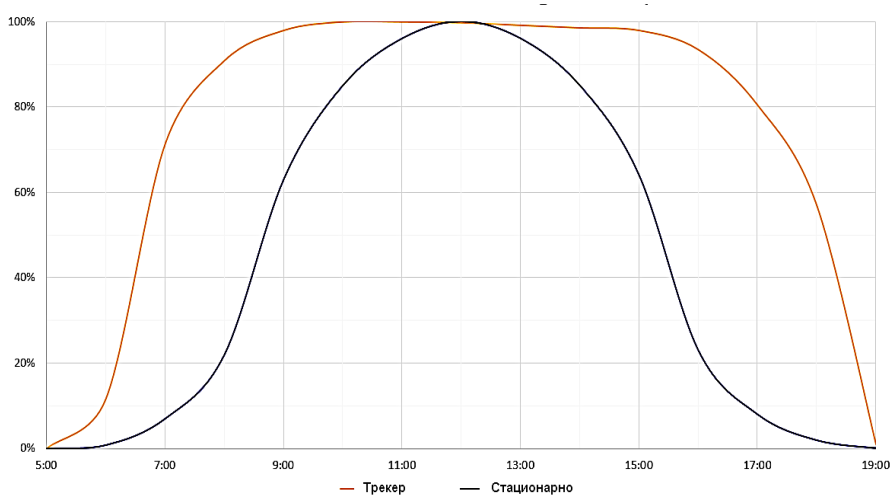

Рис. 6. Выработка солнечных модулей при использовании трекера и при фиксированной установке солнечных батарей

В качестве устройства слежения была разработана схема контроллера (рисунок 7).

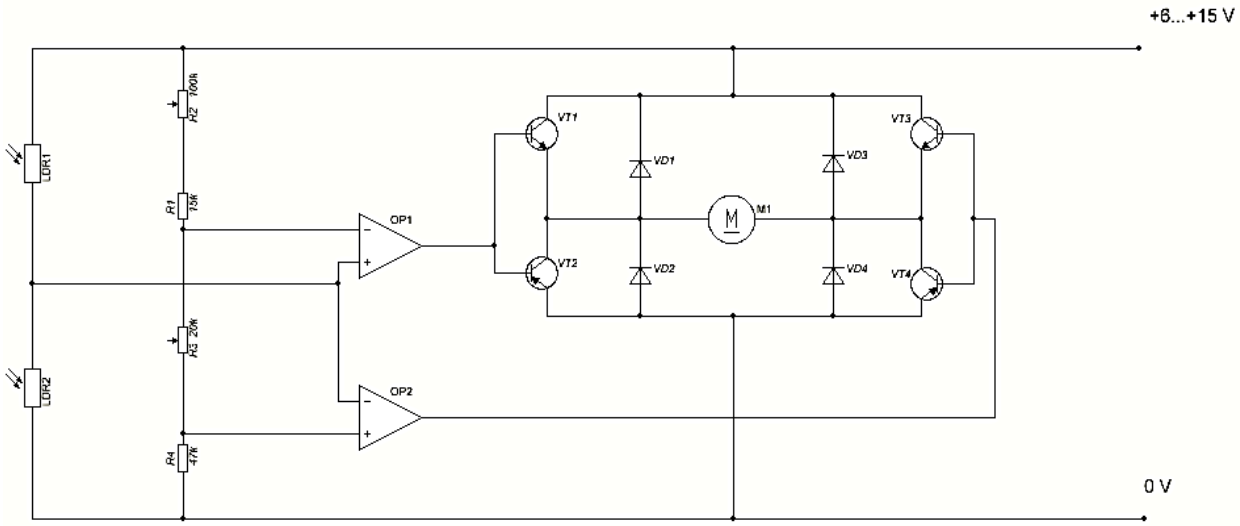

Рис. 7. Принципиальная схема контроллера

Схема содержит микросхему операционного усилителя OP1,OP2 (LM1458), транзисторы VT1,VT3 (КТ815Г) и VT2, VT4 (КТ814Г), фоторезисторы, диоды VD1, VD2, VD,3 VD4 (КД243Г), резисторы и подстроечные резисторы.

Транзисторы в схеме работают в паре, по диагонали, коммутируя +Ve или -Ve к мотору, и заставляя его вращаться вперед или назад.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

При отключении питания мотора, он некоторое время продолжает вращаться по инерции. Вследствие этого, мотор какое-то время генерирует мощность, которая может вывести транзисторы из строя. Для защиты транзисторов от противо ЭДС в схеме моста используется 4 диода.

Входной каскад состоит из двух ОУ (OP1, OP2) и фоторезисторов LDR1 и LDR2. Если количество света, попадающее на них одинаково, то сопротивления фоторезисторов также равны. Следовательно, если напряжение питания 12В, то в месте соединения фоторезисторов LDR1 и LDR2 будет напряжение в 6В. Если количество света, попадающего на один фоторезистор, будет больше, чем на другом фоторезисторе, то напряжение будет изменяться.

Ограничения (лимиты) от +V до 0V устанавливаются четырьмя последовательно соединенными резисторами и подстраиваются 2-мя подстроечными резисторами. Подстроечный резистор 20 кОм регулирует чувствительность, т.е. диапазон между лимитами. Подстроечник 100 кОм регулирует то, насколько лимиты будут симметричны относительно +V/2 (точка баланса).

Список литературы

1. Кашкаров А. Солнечные батареи и модули как источники питания // Современная электроника. – 2015. – №5. – С. 8–15.

2. Контроллеры для солнечных батарей с алгоритмом слежения за точной максимальной мощностью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.solarhome.ru/control/mppt/ (дата обращения: 03.01.2017).

3. Юрченко А.В. Автономная система слежения за Солнцем для солнечной энергосистемы / А.В. Юрченко, М.В. Китаева, А.В. Охорзина, А.В. Скороходов // Контроль, измерение, информатизация: Материалы XII Междунар. научно-техн. конф. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – С. 179–183.

4. Yurchenko A.V. The long-term prediction of silicon solar batteries functioning forany geographical conditions / A.V. Yurchenko, A.V. Kozlov // Proceedings of XXII European PV Solar Energy Conference and Exhibition (Milan, 3–7 September 2007). – P. 3019–3022.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

5. Транскрипт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docplayer.ru/37585717-Institut-energetiki-i-elektrotehniki-institut-kafedra-promyshlennaya-elektronika-promyshlennaya-elektronika-napravlennost-profil.html (дата обращения: 18.05.2018).

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)