

Дефекты кодов 53.1; 30Г.1; 52.1; 55.2 помимо дефектоскопирования, можно обнаружить и визуально. Однако, существуют также и дефекты, которые, кроме как дефектоскопированием, зачастую ничем обнаружить нельзя – это дефекты второй группы – 27.2; 21.2 (дефекты головки рельса). Наличие этих дефектов подтверждается в результате контрольных доломов, которые производятся на специально оборудованных прессах. В результате доломов, помимо наличия/отсутствия дефекта определяется также нагрузка, при которой произошел долом, а также стрела прогиба рельса. На рис. 3 (нижний ряд) приведены фотографии контрольных доломов рельсов, в результате которых были обнаружены дефекты второй и третьей групп.

Эхо-метод акустической дефектоскопии с использованием ПЭП позволяет практически обнаруживать различные нарушения структуры рельсов, выявлять дефекты, расположенные как на поверхности, так и в объеме контролируемых образцов. Наибольшие сложности представляют глубинные дефекты, маскируемые приповерхностными. Поэтому следует использовать ПЭП с различными углами ввода ультразвука в контролируемый объект.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения: Дефектоскоп ультразвуковой УДС2-РДМ-22. Руководство по эксплуатации.
2. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения: НТД/ЦП 1-2-3-93 Классификация дефектов рельсов. Каталог дефектов рельсов. Признаки дефектных и остродефектных рельсов
3. Дефектоскопия рельсов. Формирование и анализ сигналов. Кн. 2. Расшифровка дефектограмм : практ. пособие в 2 кн. / А.А. Марков, Е.А. Кузнецова. – СПб. : Ультра принт, 2014. – С. 157 – 160.

УДК 681.513.3

### ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА

**В.А. КРИШТОПА**

*(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)*

*Рассматривается устройство солнечных трекеров, их разновидности и особенности. Изучены основные характеристики трекеров: тип схемы управления, способ позиционирования. Проведен анализ принципа работы различных схем трекеров, выбрана оптимальная схема. Установлено, что трекер позволяет существенно увеличить КПД солнечной батареи.*

Солнце является неисчерпаемым источником энергии. В прошлом веке люди научились преобразовывать энергию солнечного света в электричество, что стало прорывом в альтернативной энергетике. Не исключено, в будущем солнечная энергетика сможет потеснить привычные для нас способы выработки электроэнергии, что поможет сохранить нам не возобновляемые энергоресурсы, наносящие вред экологии при их использовании. Пока КПД солнечных элементов на основе кремниевых пластин по разным оценкам составляет лишь 14 – 24% и 40% для опытных непромышленных образцов [1]. На данный момент рекордом является КПД, достигнутый группой специалистов из Института систем солнечной энергии общества Фраунгофера – 44,7% [2]. Такой невысокий КПД связан со строением пластин и материалом их изготовления. В настоящее время ведутся разработки солнечных элементов на основе наноантенн, что позволит увеличить КПД до 85% [3]. На коэффициент полезного действия солнечных элементов так же влияет то, под каким углом на них падают солнечные лучи. При прямых солнечных лучах КПД максимален.

**Анализ необходимости применения солнечного трекера.** Солнечный трекер – это устройство для определения положения солнца с последующим позиционированием рабочей части относительно его. Рабочей частью при этом может являться солнечная батарея или зеркало, входящее в комплекс солнечных концентраторов для гелиоустановки. В данной работе описывается солнечный трекер, предназначенный для позиционирования солнечной батареи. Вращаясь, он позволяет увеличить выработку электроэнергии в течении дня, что увеличивает КПД солнечной батареи в целом. Из графика (рис. 1) иллюстрирующего зависимость потерь электроэнергии от отклонения угла падения солнечных лучей на солнечный элемент можно заметить, что при углах больше 45 градусов потери превышают 30%.

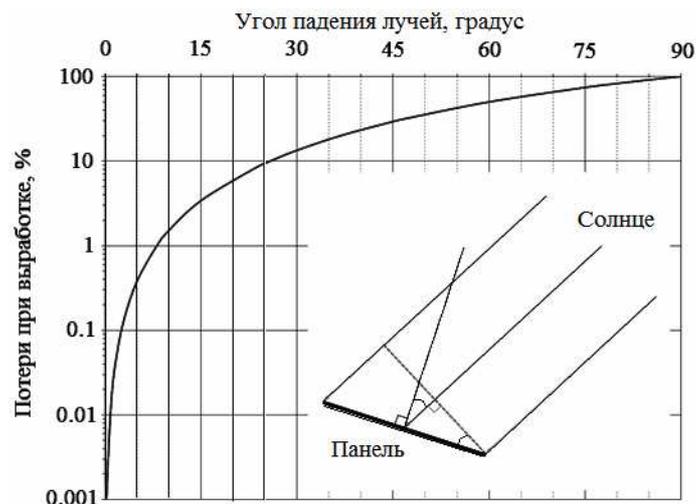


Рис. 1. График зависимости потерь при выработке электроэнергии от отклонения угла падения солнечных лучей

Взяв во внимание тот факт, что солнечная батарея, установленная статично на юг освещается прямыми лучами всего раз в сутки, то КПД такой установки невелик. Утром же, как минимум в течение часа, потери энергии не меньше 70%, в течении последующих двух часов потери плавно уменьшатся до 20%. Таким образом, чтобы свести к минимуму потери энергии солнечную батарею следует установить на подвижную установку, позволяющую позиционировать ее относительно солнца. Позиционирование может происходить по вертикали, горизонтали, по вертикали и горизонтали одновременно (рис.2), а так же по полярному углу [4].



Рис.2. Трекер с двумя осями вращения (вертикальной и горизонтальной)

**Позиционирование рабочей части трекера.** Рассмотрим способы построения трекеров. Основной его частью является устройство, определяющее положение трекера относительно солнца, чтобы затем скорректировать его. Для определения положения можно выделить несколько основных способов. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из них в отдельности. Первым способом, является способ определения положения по фотодатчику (одному или нескольким). Чаще всего для определения наиболее яркой точки используется 2 датчика, установленных под прямым углом относительно друг друга и под углом в 45 градусов относительно солнечного элемента. Принцип действия интуитивно прост. Он заключается в том, чтобы схема обработки сравнивала сигналы с датчиков (рис. 3, а) и поворачивала их вместе с солнечным элементом до тех пор, пока они не сравняются (рис. 3, б), иначе говоря, пока свет на оба датчика не станет падать под одним углом.

У датчиков есть несколько недостатков. Первым является их очень частое засорение, из-за чего происходят ошибки в управлении трекером. Вторым недостатком является их большая стоимость. Кроме этого, 2 датчика не дают возможности корректировать положение трекера по вертикали, а, следовательно, требуется дополнительная пара датчиков.

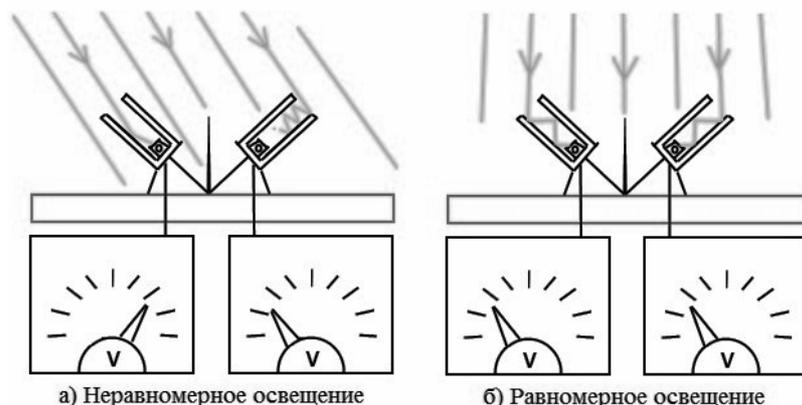


Рис. 3. Иллюстрация, поясняющая принцип работы трекера на датчиках

Принимать данные с датчиков и управлять трекером можно как с помощью компаратора с усиленным выходом для подключения электродвигателя, так и с помощью микроконтроллера [5].

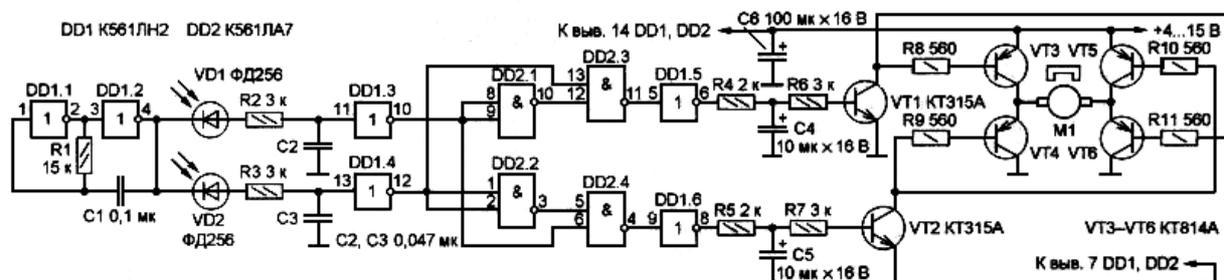


Рис. 4. Принципиальная схема аналогового трекера

Первый вариант реализации трекера является наименее затратным с финансовой точки зрения, поскольку не требует дорогостоящих микросхем. Вторым способом является микроконтроллерное управление. Для его реализации требуется наличие программатора, знания языков программирования, а так же программного обеспечения для разработки программ и последующей прошивки. Однако такой вариант имеет свои плюсы. Микроконтроллер позволяет подключить к себе практически любую периферию, что расширяет список деталей, которые возможно использовать для построения трекера. Помимо этого, применяя микроконтроллер можно расширить общую функциональность устройства: ввести возможность коррекции, подсчитывать мощность выработанной электроэнергии, ввести возможность автоматического отключения устройства в ночное время суток. А так, как солнечная батарея очень часто требует инвертора для преобразования напряжения, то возможно использование свободных ножек (пинов) микроконтроллера для выработки ШИМ сигнала управления силовыми ключами, что миниатюризирует всю систему. Еще одним главным достоинством микроконтроллера является его сверхмалое потребление. К примеру, минимальное потребление микроконтроллера Atmega8 фирмы Atmel в активном режиме составляет 15мА, при том, что максимальный ток питания этой микросхемы не превышает 200мА [6]. Для батарей, площадью более 1м<sup>2</sup> выработка электроэнергии в разы превышает потребление микроконтроллера.

Самым главным достоинством микроконтроллера является его вычислительная способность. Зная текущую дату и время, а так же координаты точки трекера можно рассчитать текущее местоположения солнца относительно этой точки, что дает возможность полностью избавиться от датчиков и их недостатков. Сложность такого устройства заключается в математическом расчете положения солнца, что требует некоторых знаний в области астрономии и сферической геометрии. Но просто знать положение солнца относительно панели, установленной на трекер недостаточно. Требуется повернуть несущую конструкцию, а для этого нужно знать какова текущая позиция трекера и рассчитать угол поворота. Идеальным решением этой задачи является применение сервопривода – электродвигателя с понижающим редуктором, имеющего обратную связь в виде потенциометра или энкодера [7]. Он имеет шину, состоящую из трех проводов: два провода питания и один управления. На провод управления подается ШИМ-сигнал с периодом, чаще всего, 50 Гц. Ширина импульса этого сигнала определяет, на какой угол должен

повернуться вал сервопривода. Вместо сервопривода допускается использование шагового двигателя, однако, он является менее надежным, так как не имеет устройства позиционирования и требует в 4 раза больше выводов микроконтроллера, чем сервопривод. Подытожив все вышесказанное, была спроектирована схема (рис. 5).

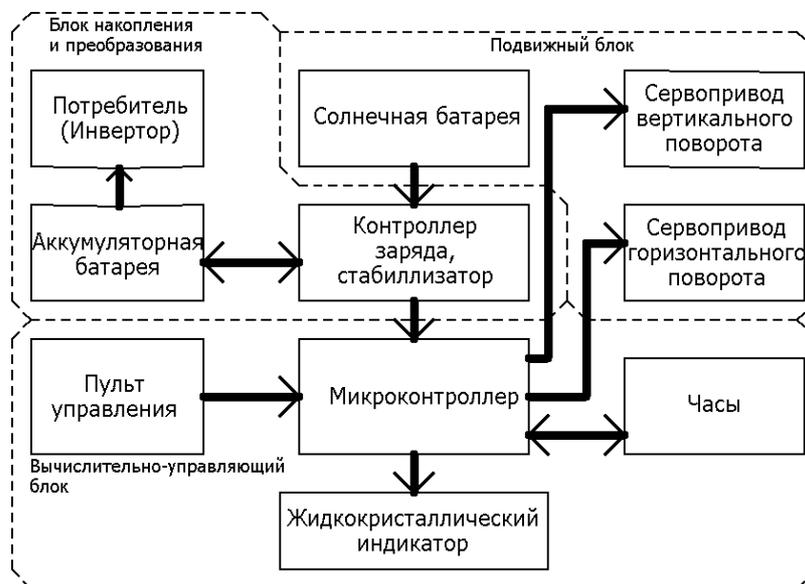


Рис. 5. Структурная схема трекера на микроконтроллере

Одним из самых важных критериев служит расчет мощности, потребляемой системой трекера и вырабатываемой самой солнечной батареей. Чтобы действительно увеличить КПД, стоит брать двигатели такой мощности, чтобы они потребляли минимальное количество энергии и могли повернуть установку на заданный угол. Притом, стоит избегать лишних движений, тратящих электроэнергию. Вдобавок, двигатели можно оснастить линейными приводами, которые будут связаны с комплексом из нескольких установок. Так, при помощи одного мощного привода можно управлять сразу несколькими установками, что является выгодным в экономическом плане.

Таким образом, самым точным способом управления трекером является цифровое управление с применением микроконтроллера и сервопривода. Важным критерием при разработке такого трекера является выбор сервопривода и написание программы для управления им. Использование трекера позволяет добиться максимального КПД в выработке электроэнергии солнечными батареями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин, С.М. Пути повышения конкурентоспособности солнечных фотоэлектростанций [Электронный ресурс] / С.М. Воронин, Н.С. Овсянников / Науч. журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 76 (02). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/50.pdf>.
2. Мировой рекорд – солнечные батареи с эффективностью 44,7% [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/590-solnechnye-elementy-s-vysokim-kpd.html>.
3. Берланд, Б. Фотоэлементы уходят за горизонт: Оптические ректенны солнечных батарей [Электронный ресурс] / Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии США – 2003. – Режим доступа: <http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33263.pdf>.
4. Классификация трекеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ust.su/solar/media/section-inner79/2866/>.
5. Цаплин, И. Гелиостат / И. Цаплин // Радио. – 2002. – № 5.
6. Компания Atmel [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: [http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8\\_1\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf).
7. Васютенский, А.В. Исследование микропроцессорных позиционируемых сервоприводов [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2009/eltf/vasutinsky/diss/index.htm>.
8. Трамперт, В. AVR-RISC микроконтроллеры / В. Трамперт // Практика инженерной электроники. – 2006. – 460 с.