

РАЗДЕЛ V. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ.

режимах. В ручном режиме оператор сам просматривает поступающее в ПК изображение, передвигая предметный столик. Если ему попадаются кадры со значительными дефектами поверхности, то они записываются в базу данных. В автоматическом режиме это происходит без участия человека. По совокупности дефектов поверхностей оптических деталей принимается решение об их годности.

Заключение

Автоматизированная система визуального контроля поверхностей оптических деталей (рисунки 1, 3) введена в эксплуатацию и успешно используется. Заказчиком было отмечено повышение производительности труда и уменьшение процента бракованных деталей.

В качестве одного из путей развития системы следует указать ввод в ее состав интеллектуальной обработки, связанной с распознаванием вида дефектов. Выбор готовых решений IMAQ Vision облегчит создание новой версии программного обеспечения. Од-

нако для решения задач компьютерного зрения существуют и другие технологии, обладающие своими преимуществами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.mikroskope.ru/digital_micro.html
2. Есенин С.А. В.И. DirectX и Delphi: разработка графических и мультимедийных приложений. – СПб.: Форум: БХВ-Петербург, 2006.
3. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс, 2011.
4. Хорн Б.К.П. Зрение роботов. – М.: Мир, 1989.
5. Визильтер Ю.В. и др. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision. - М.: ДМК Пресс, 2007.
6. Панов М.Ф. и др. Физические основы интегральной оптики. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.

*К.т.н., доцент А.С. Бессонов:
alexsb64@newmail.ru; тел. (495) 4349445 - Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет).*

УДК. 662.997.05(043)

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

М.В. Китаева, А.В. Юрченко, А.В. Охорзина, А.В. Скороходов

В статье описана система слежения за Солнцем для фотоэлектрических модулей и энергетических систем на их основе. Представлены результаты расчетов эффективности применения систем слежения для солнечных энергетических установок (СЭУ) и результаты натурных испытаний работы фотоэлектрических модулей (ФМ) с системой слежения в Томске.

Ключевые слова: Фотоэлектрический модуль, система ориентации.

Введение

Солнечная энергия характеризуется максимальной простотой использования, наибольшими ресурсами, экологической частотой и повсеместным распространением. Эти обстоятельства определяют гелиоэнергетику как одно из наиболее перспективных направлений развития возобновляемой энергетики

В Томской области имеются широкие возможности применения солнечных установок для индивидуальных потребителей, особенно в сельской местности. Расширение масштабов применения СЭУ не только даст значительную экономию энергоресурсов и повышение уровня жизни, но и позволит смягчить экологическую ситуацию.

Результаты климатических испытаний ФМ в Томске, проведенные с 1996г. по 2008г. [2], показали надежность и эффективность их использования в условиях Томской области. За исследуемый период на квадратный метр земной поверхности в районе Томска пришлось в среднем 4,5 кВт·ч солнечного излучения в день или 1643 кВт·ч/м² за год.

Проведенный эксперимент убедительно показал возможность и целесообразность использования ФМ для выработки электрической энергии для маломощных потребителей в пределах Томской области.

Одной из основных проблем использования ФМ является высокая стоимость производимой электроэнергии. Наиболее эффективным способом снижения ее стоимости

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

является применение систем ориентирования на Солнце.

Расчеты эффективности применения систем слежения

На основе 12 летнего анализа работы ФМ в Сибири и Дальнего Востока проведены расчеты приходящей солнечной радиации и модель работы ФМ с применением различных способов слежения. На их основе определена эффективность применения систем слежения для солнечных энергостановок для Томска и других городов России. Для этого сначала определили количество солнечной радиации, поступающей в течении дня.

Поток прямой солнечной радиации $S_{\text{пр}}$ на поверхность, расположенную под углом θ к этому потоку равен:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{max}} \cdot K_{\text{ам}} \cdot \cos \beta$$

S_{max} - солнечная константа-количество тепла, которое поступает от Солнца на Землю. Эта величина равна $S_r=925 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

$K_{\text{ам}}$ - коэффициент поправки на воздушную массу, которую необходимо пройти лучу.

β - приведенный угол падения солнечных лучей на поверхность инсоляции

$$\cos \beta = \sinh_c \cos \alpha + \cosh_c \sin \alpha$$

α - угол наклона плоскости ФМ к горизонту

h_c - угол, который определяет высоту Солнца над горизонтом в данный момент времени.

Расчеты показали, что применение однокоординатного слежения позволит увеличить эффективность отбора мощности на 30%, а двухкоординатного на 40% для Западной Сибири. Построена модель работы энергосистемы с использованием системы слежения в Томске в течение года. Результаты эффективности применения системы слежения приведены на рисунке 1.

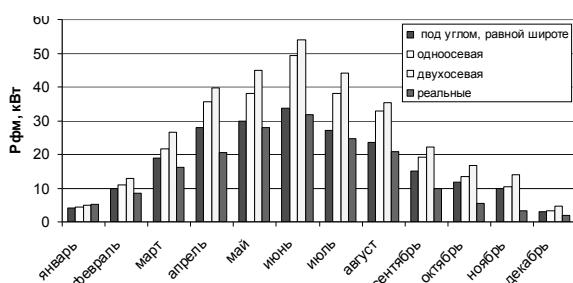


Рисунок 1 - Эффективность применения систем слежения в Томске

На основе проведенного анализа датчиков для систем слежения, разработана и апробирована модель датчика (рисунок 3), в котором температурное влияние и влияние фонового излучения минимальны.

М.В. КИТАЕВА, А.В. ЮРЧЕНКО, А.В. ОХОРЗИНА, А.В. СКОРОХОДОВ

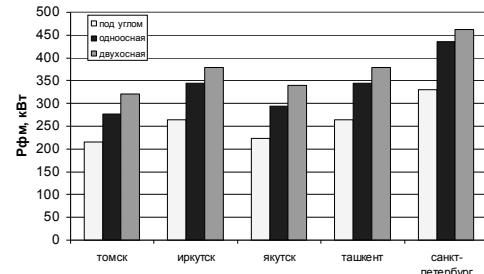


Рисунок 2 - Эффективность применения систем слежения в разных городах

Фотоэлектрический датчик

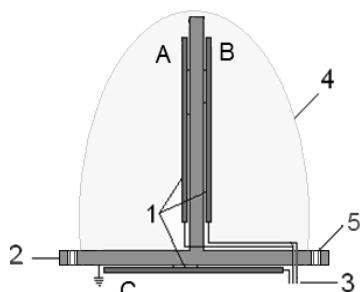


Рисунок 3 -Фотоэлектрический датчик

В качестве фоточувствительных элементов выбран кремниевый фотоэлектрический преобразователь (ФЭП). В основе датчика два лицевых элемента для определения положения Солнца, третий тыловой элемент (С) – для исключения влияния рассеянного излучения и для запуска системы утром.

Элементы А и В установлены на разные стороны перегородки, что позволяет скомпенсировать влияние разности температур. Также перегородка служит токопроводящим элементом. Элемент С необходим для измерения рассеянного излучения, исключения его влияния на два других датчика и запуска системы в утренние часы. Он расположен так, чтобы его плоскость была повернута от Солнца, таким образом, он измеряет только фоновое излучение. Утром, в то время как лицевые элементы отвернуты от Солнца, тыльный ориентирован на него, что воспринимает блок контроллера и подает команду поворота ФМ на восток.

Главные преимущества данного метода – простота, автономность, необходимая для ФМ точность наведения.

Особенности разработанного датчика:

1. Использование ФЭП в качестве активного элемента и добавление в конструкцию тылового ФЭП для измерения фонового излучения и запуска систем в утренние часы.

2. Для обеспечения единой температуры всех элементов датчика, располагаем их на теплопроводящей конструкции (например,

РАЗДЕЛ V. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ.

материалом может служить медь или латунь). Данная конструкция обеспечивает электрические соединения тыловых контактов элементов датчика.

3. Для повышения чувствительности датчика лицевые элементы располагаем так, чтобы обеспечить минимальный сигнал при наведении на Солнце.

4. В качестве регулирующего сигнала используется ток короткого замыкания I_{kz} ФЭП, т.к. зависит от интенсивности солнечного излучения и не зависит от температуры.

Достоинства:

- минимальное влияние температуры и рассеянного излучения;
- точность;
- простота.

Для оптимизации конструкции датчика проведены математические расчеты и его натурные испытания, при использовании разных углов между элементами А и В, которые показали, что максимальная чувствительность датчика достигнута при угле 20° , что видно на приведенной диаграмме направленности и графике зависимости чувствительности датчика от угла наклона между элементами. Как мы видим, при выбранном угле разница между сигналами А и В максимальна.

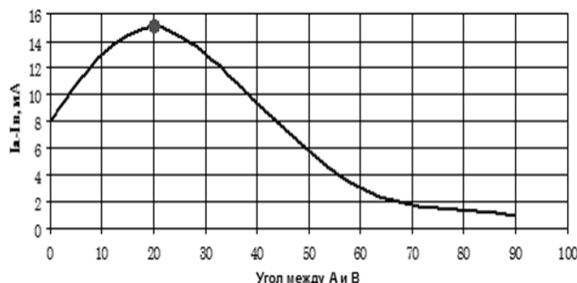


Рисунок 4 - Зависимость отклика ФЭД в зависимости от угла между элементами А и В

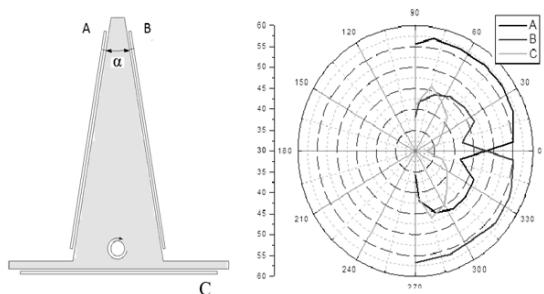


Рисунок 5 - Фотоэлектрический датчик и его оптимизация

Система слежения на основе ФЭД

Работоспособность макета системы слежения подтверждена практически: создан экспериментальный макет системы.

При конструировании системы слежения требуется, чтобы:

1. Датчик располагался в одной плоскости с ФМ,
2. Двигатель был связан с каркасом ФМ.

Исходя из вышеизложенных требований система должна иметь в своём составе:

1. Первичный преобразователь светового потока в ток (ФЭД);
2. устройства обработки сигналов с датчика и выработка управляющих сигналов для двигателя (Блок контроллера);
3. двигатель, обеспечивающий поворот ФМ.

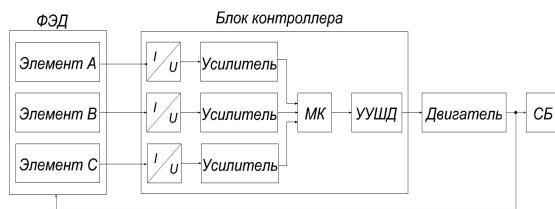


Рисунок 6 - Структурная схема системы слежения

Схема состоит из ФЭД, преобразователя ток-напряжение, операционного усилителя (ОУ), микроконтроллера (МК) Atmega8L, устройства управления шаговым двигателем (УУШД), и шагового двигателя (ШД).

На основе структурной схемы разработана принципиальная схема блока контроллера. По принципиальной схеме разработана печатная плата блока контроллера с возможностью питания от аккумулятора ФМ, сконструирован корпус для блока контроллера. Создан алгоритм работы программы МК, позволяющий ориентировать систему на Солнце.

Работоспособность системы слежения подтверждена практически: создан экспериментальный макет системы для ФМ мощностью 5 Вт. Были проведены натурные испытания одноосевой системы и двухосевой. Для последней слежение по одной оси (эксплиптике) было автоматическое, а по второй (склонение солнца) угол выставлялся вручную каждый час.

Результаты работы сравниены с ФМ, установленной стационарно. Графики приведены на рисунке 7.

Применение одноосной системы увеличили сбор мощности на 23%, а двухосной на 32%, относительно установленной под углом стационарно.

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

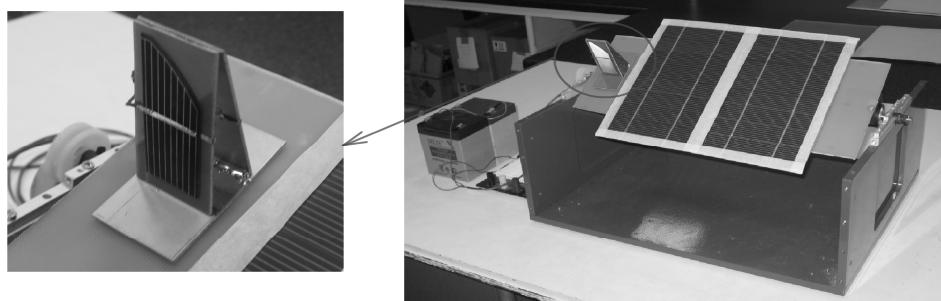


Рисунок 7. Экспериментальный макет системы слежения

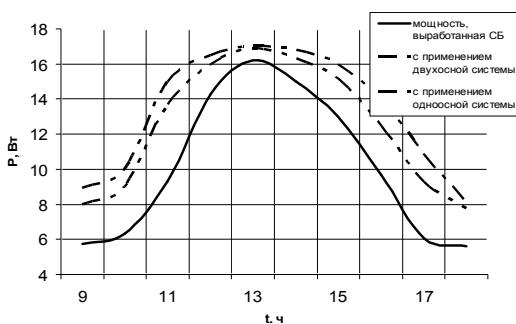


Рисунок 8 - Результаты работы систем слежения

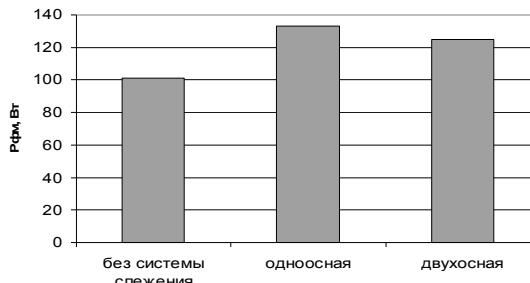


Рисунок 9 - Суммарная мощность за день, собранная без системы слежения, с одноосной и двухосной

Выводы по работе

■ Проведен расчет эффективности применения систем слежения за Солнцем, который показал, что их применение увеличит вырабатываемую мощность и уменьшить срок окупаемости энергосистемы.

■ Разработан ФЭД, создан макет и проведена его оптимизация.

■ Разработаны структурная и принципиальная схемы блока контроллера для системы слежения, его печатная плата, разработан алгоритм программы для МК.

■ Создан экспериментальный образец разработанной системы, доказавший работоспособность разработанной системы;

■ Проведены натурные испытания, доказавшие рентабельность использования систем слежения: одноосной системы увеличили сбор мощности на 23%, а двухосной на 32%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Юрченко А.В., Волгин А.В., Козлов А.В. Системы мониторинга работы солнечных фотоэлектрических модулей// Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений. Сборник трудов II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Томск, 2010.
- Yurchenko A.V., Kozlov A.V. The long-term prediction of silicon solar batteries functioning for any geographical conditions Proceedings of 22st European PV Solar Energy Conference and Exhibition, Milan 3-7 September 2007, pp.3019-3022.
- Юрченко А.В., Козлов А.В., Ковалевский В.К. Результаты климатических испытаний солнечной батареи в натурных условиях г. Томска// Светотехника. 2005. – №1. – С. 37-41.
- Юрченко А.В., Волгин А.В., Козлов А.В. Статическая модель кремниевых солнечных батарей, работающих под воздействием природных и аппаратных факторов //Известия Томского политехнического университета, 2009 - т. 314, - № 4. - с. 142-148.
- Юрченко А.В., Волгин А.В., Китаева М.В., Охорзина А.В. Фотоэлектрический датчик для систем слежения за Солнцем//Издательство Томского политехнического университета, 2010 – с.36-37.
- Юрченко А.В., Козлов А.В., Мобильная станция мониторинга работы солнечных батарей в натурных условиях.// Датчик и системы , 2006. – №9. – С. 64-67.
- Юрченко А.В., Белан Б.Д., Козлов А.В., Пестунов Д.А. Влияние параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи// Оптика атмосферы и океана. 2005. – Т.18.- №8. – С. 731-734.

Аспирант **М.В. Китаева**, д.т.н., профессор **А.В. Юрченко**, студент **А.В. Охорзина**, ГОУ ВПО Национально-исследовательский Томский Политехнический Университет, инженер **А.В. Скороходов**, ОАО «Научно исследовательский институт полупроводниковых приборов».