

УДК 007.52

**А.И. Дерачиц**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра системного анализа и моделирования

## **УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

### *Аннотация*

*Дерачиц А.И. Управление системой слежения за Солнцем для мобильных солнечных энергетических установок. Выполнен анализ существующих Солнечных энергетических установок и их систем позиционирования. Определены масштабы и области применения существующих систем. Установлена эффективность и КПД использования систем следящих за Солнцем.*

*Ключевые слова:* Солнечные энергетические установки, системы позиционирования, эффективность, КПД использования систем.

**Постановка проблемы.** Использование всего 0,0005% энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а 0,5% - полностью покрыть потребности на перспективу [1].

Солнечная энергия характеризуется максимальной простотой использования, наибольшими ресурсами, экологической чистотой и повсеместным распространением. Эти обстоятельства определяют солнечную энергетику как одно из наиболее перспективных направлений развития технологий возобновляемой энергии.

Основным фактором, ограничивающим широкое применение солнечной энергетики на практике, является стоимость энергетических систем на её основе.

Снижение стоимости производства электроэнергии такими системами возможно за счет снижения стоимости солнечных батарей или повышения КПД их функционирования.

Реализация первого способа возможна следующими путями:

- удешевлением производства - создание цеха автоматического производства солнечных батарей;
- удешевлением кремния путем замены монокристалла кремния на поликристалл и мульткристалл кремния.

Повышения КПД солнечных элементов можно достичь:

- используя тандемные установки, многослойный фотоприемник на гетеропереходах, хотя это увеличивает стоимость;
- применяя, двусторонние фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), что незначительно улучшает эффективность;

- добавив различные концентраторы, которые значительно увеличивают фотоответ, но усложняют конструкцию и требуют дополнительного ухода за поверхностью зеркал;

- введя систему слежения за Солнцем.

Использование систем слежения за Солнцем имеет некоторые особенности. Ориентирование возможно с применением одноосных и двухосных систем. И те и другие подразделяют на:

- пассивные системы (основаны на программировании алгоритма управления солнечной батареей);

- активные системы;

- системы с ручной наводкой на Солнце.

Ручная наводка обладает меньшей точностью и требует постоянного обслуживания оператором, но проста.

Пассивный способ основан на слежении за Солнцем по азимуту и углу, расчетно-постоянных характеристик для географического места установки. Такие системы обеспечивают необходимую скорость вращения в азимутальном и вертикальном направлениях с учетом времени года. Недостатком данного метода является введение поправок на сезонную высоту склонения солнца, сложность программирования и приемлемость программы только для одного географического положения.

Наибольшее развитие получили активные системы. Они применяются как для ориентирования солнечных батарей на земле, так и для ориентации в космических аппаратах [2].

**Анализ литературы.** Проведен анализ существующих Солнечных энергетических установок [3]. Общий вид энергетической установки, ее основные составляющие и функциональные части представлены на рис. 1:



Рисунок 1 – Общий вид слеящей энергетической установки

Система в общем виде представляет собой установку позиционирующего механизма и поверхности принимающей солнечную энергию. Позиционирующий механизм приводится в действие одним электродвигателем в случае одноосных систем, и двумя – в случае двухосных. Двигатели преимущественно применяются шаговые для максимально точного угла поворота механизма с редукторами большого коэффициента усиления.

Питание двигателей осуществляется за счет накопленной установкой энергии через контроллер заряд в аккумулятор. Более сложными конструктивно, но более эффективными в применении являются установки, дополнительно оснащенные коллекторами нагрева воды. Бак-накопитель нагретой воды является аккумулятором. Насос в таких системах не всегда обязателен, поскольку процесс циркуляции нагретой жидкости в коллекторе и холодной в баке происходит в соответствии с законами физики.

Рассмотрим несколько энергетических установок: ГЭУ-1.5, СФЭУ-1 и УФ-05 [4].

Автономная электрическая установка с плоскими зеркальными концентраторами ГЭУ-1.5 с пиковой мощностью 1.5 кВт. Площадь принимающей солнечное излучение поверхности 25 м<sup>2</sup>. Конструктивно установка ГЭУ-1.5 состоит из одноосевого опорно-поворотного устройства (ОПУ). Вращение осуществляется вокруг вертикальной оси (по азимуту) системой следящих приводов с оптико-электронным датчиком положения Солнца, которые размещаются на станине ОПУ и решетчатой раме основания.

Автономная солнечная фотоэлектрическая установка СФЭУ-1. Установка обеспечивает комбинированную выработку электрической и тепловой энергии. Оборудование установки установлено на одноосевом опорно-поворотном устройстве с системой автоматического слежения за движением Солнца. Технические параметры солнечной установки СФЭУ-1:

- выходная пиковая электрическая мощность 0.5 кВт;
- площадь принимающей концентрирующей системы - 24 м<sup>2</sup>.

Солнечная ультрафиолетовая установка УФ-05 с плоскими зеркалами и повышенным коэффициентом концентрации УФ-излучения. Технические характеристики параметров установки УФ-05:

- площадь концентратора ~ 20 м<sup>2</sup>;
- производительность установки по водоочистке 0.51 м<sup>3</sup>/ч;
- система слежения - азимутальная, ошибка слежения 0.5°.

**Цели статьи** – провести анализ существующих энергетических установок, рассмотреть принцип их работы и определить особенности систем слежения за Солнцем.

**Решение задачи и результаты исследования.**

Необходимость в использовании системы слежения существует. Даже при эффективной стационарной установке солнечной батареи проигрыш в вырабатываемой мощности достигает 50%, чем при непрерывном

ориентировании на Солнце. Низкая эффективность обоснована законом Снелля. На рис. 2 показана схема преломления луча.

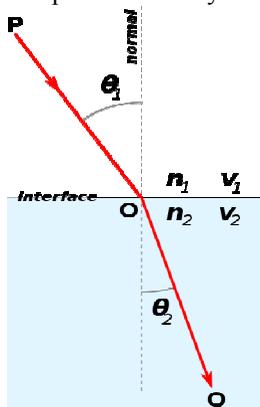


Рисунок 2 – Схема преломления луча

На рис.2 представлены следующие обозначения:

- $n_1$  - показатель преломления среды, из которой свет падает на границу раздела;
- $\theta_1$  - угол падения света — угол между падающим на поверхность лучом и нормалью к поверхности;
- $n_2$  - показатель преломления среды, в которую свет попадает, пройдя границу раздела;
- $\theta_2$  - угол преломления света — угол между прошедшим через поверхность лучом и нормалью к поверхности.

Закон Снелля гласит, что в определенный момент времени угол падения света на поверхность связан с углом преломления соотношением:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$

В качестве примера рассмотрим ситуацию с использованием неподвижной энергетической установки. Такие стационарные установки не имеют устройства слежения за Солнцем и поэтому их устанавливают, направляя концентраторы по горизонтальной оси к югу, а по вертикальной на  $45^\circ \dots 60^\circ$  от поверхности земли. Но это позволяет принимать максимум энергии, только лишь в пик солнечной активности. В остальное время, когда Солнце на востоке или уже на западе имеет место полное отражение:

$$n_1 \sin \theta_1 > n_2, \quad (2)$$

то есть преломлённый луч отсутствует, падающий луч полностью отражается от границы раздела сред.

В соответствии с законом Снелля очевидно, что следящая система будет обеспечивать условие  $\theta_1 = 0$ , когда падение солнечных лучей на поверхность будет происходить по нормали, а отсюда, следовательно, и  $\theta_2 = 0$  - преломленные лучи так же будут устремляться по нормали. Это обеспечит

более равномерное и более продуктивное генерирование электричества от восхода до захода Солнца.

Управление такой системой производится посредством датчика определяющего положение Солнца относительно установки и логического контроллера принимающего решение о направлении и градусе поворота установки.

Общая структурная схема функционирования системы управления представлена на рис. 3.

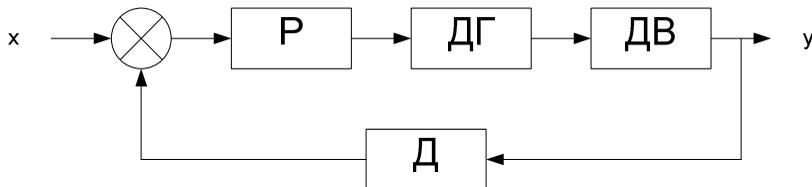


Рисунок 3 – Структурная схема функционирования устройства управления установкой

На рис. 3 введены следующие обозначения:  $\otimes$  - сравнивающее устройство; Р – регулятор, программируемый логический контроллер; ДГ – двигатель горизонтальной оси; ДВ – двигатель вертикальной оси; Д – датчик.

#### Выводы.

Проведен анализ существующих энергетических установок, рассмотрен принцип и особенности работы систем. В ходе анализа было установлено, что имеющиеся системы слежения за Солнцем имеют преимущественно одноосное позиционирование и большие размеры конструкций. На примере закона Снелля было установлено, что КПД следящих систем значительно выше, чем стационарных, а, следовательно, актуальной является задача разработки устройств управления для следящих систем, в особенности двухосных.

#### Список литературы

1. Ревелль, П. Энергетические проблемы человечества / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир. 1995
2. Система ориентации Солнечных энергетических систем на основе фотоэлектрического датчика/ Интернет-ресурс. – Режим доступа: [www/URL:http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2010/K04/104123.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2010/K04/104123.pdf) Загл. с экрана.
3. Магомедов А.М. Возобновляемые источники энергии. Лабораторный практикум: Учебное пособие для вузов. Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2005 – 246с.
4. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 320с.