

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ**

**Тараненко А.Ю., студентка, Берчук С.С., студентка, Илющенко В.И. доцент**  
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Для повышения эффективности солнечных батарей (коллекторов) создана автоматическая система слежения за Солнцем, которая учитывает множество факторов влияющих на коэффициент полезного действия солнечных установок. Назначение системы слежения заключается в согласовании оптической оси установки с направлением падающего потока излучения.[1]

Выбор оптимальной ориентации солнечных панелей является одним из важнейших вопросов при практическом использовании солнечных установок любого типа. Угол падения лучей на поверхность сильно влияет на коэффициент отражения, а следовательно, на долю невоспринятой солнечной энергии.

Ещё важнее так называемая эффективная площадь панели, т.е. перекрываемое ею сечение потока. Она равна реальной площади панели, умноженной на синус угла между её плоскостью и направлением потока. Поэтому, если панель перпендикулярна потоку, её эффективная площадь равна её реальной площади, если поток отклонился от перпендикуляра на  $60^\circ$  — половине реальной площади, а если поток параллелен панели, её эффективная площадь равна нулю. Таким образом, существенное отклонение потока от перпендикуляра к панели не только увеличивает отражение, но снижает её эффективную площадь, что обуславливает очень заметное падение выработки. Наиболее эффективна постоянная ориентация панели перпендикулярно потоку солнечных лучей.

На практике, солнечные панели должны быть ориентированы под определенным углом к горизонтальной поверхности. Угол между горизонтальной плоскостью и солнечной панелью обычно называют углом наклона.

Зимой солнечный свет, не достигает того же угла наклона, что и летом. Таким образом, солнечные панели должны летом располагаться более горизонтально чем зимой. Поэтому угол наклона для работы летом выбирается меньше, чем для работы зимой. Для весны и осени оптимальный угол наклона равен значению широты местности. Для зимы к этому значению прибавляется  $10-15^\circ$ , а летом от этого значения отнимается  $10-15^\circ$ .

Также эффективность солнечных панелей зависит от величины атмосферной массы.

Атмосферная масса - это длина пути, который проходит свет через атмосферу, отнесенная к кратчайшему возможному пути (когда Солнце находится в зените). Атмосферная масса показывает на сколько уменьшилась спектральная плотность потока излучения после прохождения через атмосферу и поглощения воздухом и пылью. Атмосферная масса определяется, как

$$AM = 1 / \cos(\theta) \quad (1)$$

где  $\theta$  - это угол, отсчитываемый от вертикали (зенитный угол). Когда Солнце находится прямо над головой,  $\theta = 90$  и атмосферная масса равна 1.

Атмосферная масса представляет собой отношение атмосферного пути, проходящего светом, к кратчайшему из этих возможных путей, и равняется  $Y/X$ .

Солнечные элементы генерируют максимальную энергию, только когда они располагаются точно перпендикулярно направлению солнечных лучей, а это может случиться только один раз в день. В остальное время эффективность работы солнечных элементов составляет менее 10 %.

Если поворачивать солнечную батарею в течение дня так, чтобы она всегда была направлена непосредственно на солнце, мы бы повысили полную отдачу от солнечных элементов приблизительно на 40 %, что составляет чуть ли не половину вырабатываемой энергии. Это означает, что 4 ч полезной солнечной интенсивности автоматически превращаются почти в 6 ч.

Азимут Солнца – угол между горизонтальной проекцией солнечного луча и линией, направленной на юг в северном полушарии.

Склонение Солнца  $\delta$  – угловое положение Солнца относительно плоскости земного экватора. Ось вращения Земли наклонена на угол  $23,5^\circ$  относительно плоскости орбиты вращения вокруг Солнца.

$$\delta = 23,5 \sin(2\pi d/365) \quad (2)$$

$d$  – количество дней, прошедших с момента весеннего равноденствия.

$\varphi$  – широта

В моменты равноденствия склонение Солнца равно нулю.

Высота Солнца  $h$  – угол между направлением на Солнце и горизонтальной поверхностью в заданном месте на Земле.

$$h = 90 - \varphi + \delta \quad (3)$$

$$AM = 1 / \cos(\theta)$$

Азимут:

$$\sin(a) = \cos(\delta) \cdot \sin(\tau) / \cos(h) \quad (4)$$

$\tau$  – ряд значений угла, характеризующих угловое перемещение Солнца относительно его положения в полдень в зависимости от времени  $t$  после полудня.

$$\tau = 15 \cdot t \quad (5)$$

Описанный алгоритм лег в основу для разработки программы, по которой вычисляется высота и азимут Солнца по заданной географической широте местности, местному времени, дате. На рисунке 1 изображена схема автоматической системы слежения.

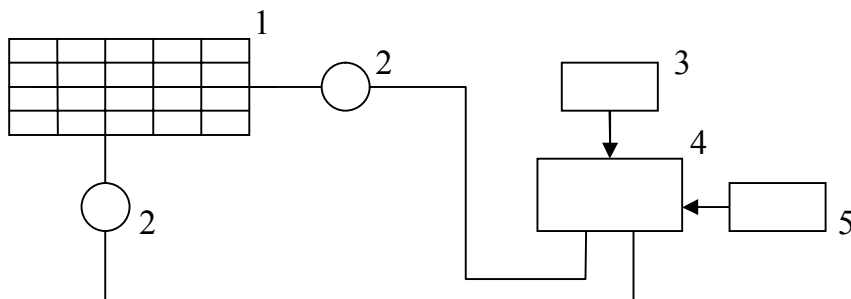


Рисунок 1 – Схема автоматической системы слежения за Солнцем  
 1 – солнечная батарея, 2 – исполнительные механизмы, 3 – программный блок,  
 4 – контроллер, 5 – корректор по атмосферной массе.

Схема системы слежения содержит поворотный механизм (позиционер по двум осям) и электропривод с редукторами. Блок управления (контроллер) выполняет автоматическое слежение за Солнцем с учетом широты местности и времени года и суток. Благодаря этому, солнечные батареи всегда ориентированы оптимально и солнечная энергия используется максимально.

Поворотное устройство предназначено для слежения по азимуту и углу возвышения за Солнцем такими объектами как солнечная панель, солнечный концентратор, солнечный водонагреватель (гелиосистема) и плоское зеркало (гелиостат).

Принцип работы заключается в том, что электронная часть следящего устройства выдает ведущему механизму информацию о положении Солнца. По электронной команде панель устанавливается в нужном направлении. Как только Солнце сместится к западу контроллер запустит электродвигатель до тех пор, пока снова не восстановится нужное направление панели на Солнце. Программный блок и вычисляет угол поворота, а корректор влияет на работу контроллера внося поправки по атмосферной массе.

- Диапазон угла азимута  $180^\circ$  (опционально  $360^\circ$ )
- Диапазон угла возвышения  $65^\circ$  (опционально  $90^\circ$ )
- Повторяемость позиций  $0,2^\circ$
- Скорость перемещения  $4^\circ$  в секунду (опционально  $16^\circ$ )

Контроллер – управляющее устройство, применяемое для автоматизации системы слежения. Программный блок предназначен для астрономических вычислений и нацеливания на Солнце, вырабатывает команды управления, следит за выполнением действий. В основе работы программного блока лежит алгоритм описанный в этой статье, также он отображает множество динамической рабочей информации: режим работы, угол азимута, склонение Солнца, высоту Солнца и прочее. Корректор вносит в работу контроллера поправки, при которых атмосферная масса  $AM \approx 1$ .

Даная система слежения обеспечивает оптимальное положение установки, т.е. Солнце всегда перпендикулярно батарее, так как обеспечивается точное отслеживание солнечного перемещения. Программы в пределах блока управления используют комбинацию солнечных алгоритмов перемещение, которые регулируют вращательное перемещение оси.

#### Перечень ссылок

1. Захидов Р.А., Зеркальные системы концентрации лучистой энергии – Ташкент: 1986 – 176 с.