

К.А. АВЕТИСЯН, Г.П. ВАРДАНЯН, Г.Г. КИРАКОСЯН, В.Г. ХАЧАТУРЯН,
Ж.Р. ПАНОСЯН, Л.Г. КИРАКОСЯН, Дж.С. СЕВОЯН

УПРАВЛЕНИЕ ГЕЛИОТРЕКЕРОМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Разработаны аппаратное исполнение и программное обеспечение управления гелиотрекером. Предложен метод оптимальной ориентации солнечной панели на максимальный поток солнечного излучения с целью обеспечения наибольшей эффективности работы солнечных энергоустановок.

Ключевые слова: солнечная панель, гелиотрекер, солнечная энергоустановка, датчик, фоторезистор, сервомотор, платформа Arduino.

Введение. Использование солнечных энергоустановок (СЭУ), пользующихся большим спросом на протяжении последних десятилетий [1], является важным решением в области энергосбережения в странах с высокой плотностью солнечного излучения. Повышение стоимости традиционных ископаемых источников энергии, вызванное их истощением и усложнением технологии добычи, делает экономически выгодным использование СЭУ в больших масштабах.

Достоинствами СЭУ являются: сравнительно высокая надежность, отсутствие расходов на топливо, постоянное повышение эффективности за счет наличия гелиотрекера, отсутствие опасных загрязнителей и отходов.

К серьезным недостаткам использования СЭУ на сегодняшний день относится относительно высокая стоимость получаемой электроэнергии по сравнению с традиционными источниками [2,3]. Это вызвано невысокой плотностью и непостоянством во времени энергетических потоков, что требует использования дорогостоящего оборудования для сбора, аккумуляции и преобразования энергии. Однако в последнее время научные достижения в области технологии и рост масштабов производства СЭУ обеспечивают тенденцию снижения стоимости солнечной электроэнергии [3].

Важным фактором оптимального рабочего режима работы СЭУ является ориентация солнечных панелей по направлению к источнику энергии – Солнцу.

В данной работе предлагается один из методов управления гелиотрекером, основанный на использовании датчика, ориентирующего поверхность солнечной панели на максимальный поток солнечного излучения.

Модель гелиотрекера. На сегодняшний день существует большое количество способов реализации гелиотрекеров и принципов их работы. Гелиотрекеры состоят из трех основных блоков: датчика ориентации, контроллера

обработки сигнала датчика для формирования управляющего сигнала привода поворотного устройства и самого привода поворотного устройства. Структурная схема гелиотрекера приведена на рис. 1

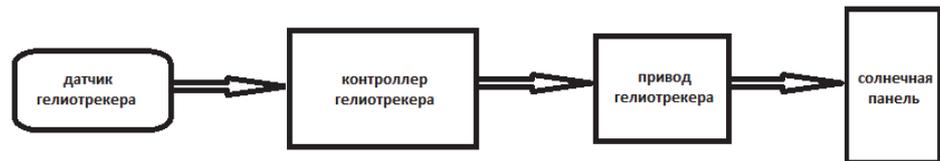


Рис. 1. Структурная схема гелиотрекера

Существует множество способов управления гелиотрекерами в зависимости от обеспечивающих воздействие устройств. Одним из таких устройств являются датчики, которые, в свою очередь, различаются чувствительными элементами.

Датчик гелиотрекера представляет собой небольшую плату с укрепленными на ней чувствительными элементами – четырьмя фоторезисторами. Фоторезисторы разделены между собой перпендикулярной к основанию крестообразной перегородкой (рис. 2). Датчик ориентируется строго по азимуту – восток, запад.

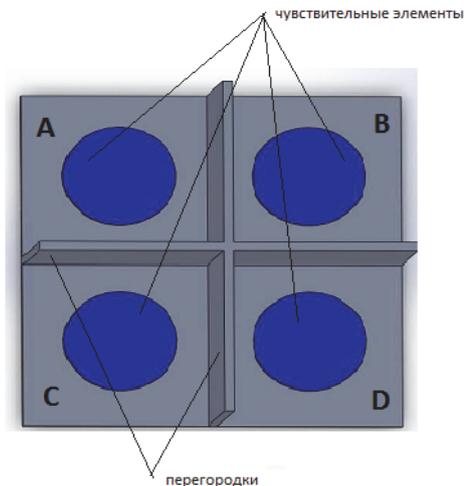


Рис. 2. Датчик гелиотрекера

При ориентации на Солнце оптимальное целевое положение солнечной панели соответствует случаю, когда освещены все четыре фоторезистора. Перемещение положения Солнца на небосводе сказывается на изменении освещенности чувствительных элементов датчика, некоторые фоторезисторы оказываются в тени.

Система управления контроллером гелиотрекера реализуется на базе платформы Arduino. Экспериментальная модель контроллера системы управления гелиотрекером показана на рис. 3.

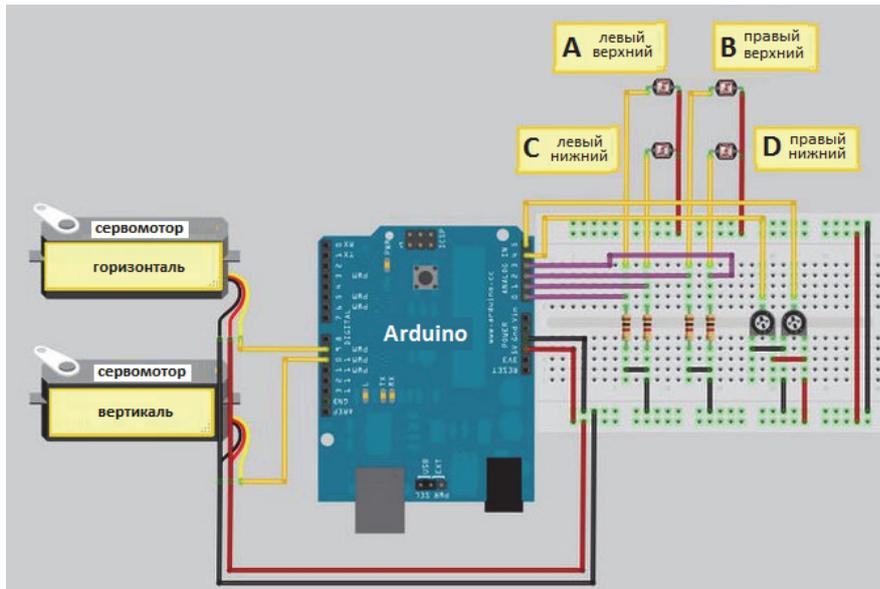


Рис. 3. Экспериментальная модель управления гелиотрекером

Принцип управления гелиотрекером заключается в следующем: датчик реагирует на изменение положения Солнца на небе и в зависимости от освещенности чувствительных элементов – фоторезисторов подает соответствующие сигналы на вход контроллера гелиотрекера. Фоторезисторы датчика гелиотрекера А, В, С и D подключаются к аналоговым входам платформы Arduino - соответственно к выводу 0, к выводу 2, к выводу 1, к выводу 3.

Контроллер гелиотрекера обрабатывает полученные данные по заданному алгоритму и, при необходимости, выдает команду на привод поворотного устройства гелиотрекера. Привод поворотного устройства гелиотрекера ориентируется согласно оси эклиптики. Сервомоторы горизонтального и вертикального поворотов соответственно подключены к цифровым выводам 9 и 10.

В таблице приведены возможные варианты освещенности чувствительных элементов датчика, где через "1" обозначена освещенность фоторезистора, а через "0" - нахождение фоторезистора в тени.

Любые комбинации с условиями А="1" и С="1", так же, как и эклиптики В="1" и D="1", невозможны. Каждой комбинации сигналов, поступивших на контроллер от датчика, соответствует команда управления приводом поворотного устройства.

Возможные варианты освещенности чувствительных элементов датчика

Элемент А	1	0	1	0	0
Элемент В	0	1	1	0	0
Элемент С	0	0	0	1	0
Элемент D	0	0	0	0	1
Положение яркого пятна	выше и западнее	выше и восточнее	выше	ниже и восточнее	ниже и восточнее
Команда поворотному устройству по горизонтальной оси	вверх	вверх	вверх	вниз	вниз
Команда поворотному устройству по вертикальной оси	на запад	на восток	стоять	на восток	на запад

Управляющая программа для микроконтроллера. Ниже представлен текст программы управления гелиотрекером, обеспечивающей выполнение представленного в таблице алгоритма на языке СИ в среде IDE Arduino.

```
#include <Servo.h> //включить библиотеку сервомотора
```

```
Servo horizontal; // горизонтальный сервомотор
intservoh = 90; //
```

```
Servo vertical; // вертикальный сервомотор
intservov = 90; //
```

```
// расположение выводов фоторезисторов
```

```
// имя = аналоговый вывод;
```

```
intldr1 = 0; //верхний слева фоторезистор
```

```
intldr2 = 1; //верхний справа фоторезистор
```

```
intldr3 = 2; //нижний слева фоторезистор
```

```
intldr4 = 3; // нижний справа фоторезистор
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
// соединения сервомоторов
```

```
//подключено к выводу(номер вывода);
```

```
horizontal.attach(9);
```

```
vertical.attach(10);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
intl = analogRead(ldr1); // верхний слева
```

```

intrt = analogRead(ldrrt); // верхний справа
intl = analogRead(ldrld); // нижний слева
intrd = analogRead(ldrrd); // нижний справа

intdtime = analogRead(4)/20; // чтение потенциометра
inttol = analogRead(5)/4;

intavt = (lt + rt) / 2; // среднее значение токов верхних фоторезисторов
intavd = (ld + rd) / 2; // среднее значение токов нижних фоторезисторов
intavl = (lt + ld) / 2; // среднее значение токов левых фоторезисторов
intavr = (rt + rd) / 2; // среднее значение токов правых фоторезисторов

intdvert = avt - avd; // проверить разность токов между верхними и нижними
фоторезисторами
intdhoriz = avl - avr; // проверить разность токов между левыми и правыми
фоторезисторами

if (-1*tol>dvert || dvert>tol) // проверить, находится ли разность токов внутри
допуска
{
if (avt>avd)
{
servov = ++servov;
if (servov> 180)
{
servov = 180;
}
}
else if (avt<avd)
{
servov = --servov;
if (servov< 0)
{
servov = 0;
}
}
vertical.write(servov);
}

if (-1*tol>dhoriz || dhoriz>tol) // проверить, находится ли разность токов
внутри допуска
{

```

```

if (avl>avr)
{
servoh = --servoh;
if (servoh< 0)
{
servoh = 0;
}
}
else if (avl<avr)
{
servoh = ++servoh;
if (servoh> 180)
{
servoh = 180;
}
}
else if (avl == avr)
{
// ничего не изменять
}
horizontal.write(servoh);
}
delay(dtime);
}

```

Заключение. Построена модель гелиотрекера и выполнены испытания его макета, по результатам которых проведена оптимизация конструкции гелиотрекера. Разработанная система управления гелиотрекером позволяет произвести более оптимальную генерацию энергии не только в течение дня, но и на протяжении всего года.

Работа выполнена в рамках проекта DesIRE, Tempus.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Buresch M.** Photovoltaic energy systems design and installation. - New York: McGraw-Hill, 1993. – 758p.
2. **Վարդանյան Գ.Պ.** Արևային ֆոտոէլեկտրական մոդուլների և ֆրենելային խտարարների մակերեսների մաքրող սարքերի մշակում // Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Տեղեկագիր. Տեխն.գիտ.սերիա: - 2016.- Հ.LXIX, N2.- էջ 131-137:

3. **Kirakosyan G.H., Ayzazyan G.Y., Barseghyan R.N.** Modeling, simulation and optimization of PV pumping system // Proceedings of Engineering Academy of Armenia.- 2006. – V.3, N4. – P. 645-652.
4. **Киракосян Г.Г., Аветисян К.А., Конджорян А.А., Киракосян Л.Г.** Моделирование и конструирование следящей системы за точкой максимальной мощности на основе нечеткой логики для солнечных энергетических установок // Вестник Инженерной академии Армении.-2014.-Т.11, N 1.- С. 135-141.
5. **Վարդանյան Գ.Պ., Փանոսյան Ժ.Ռ., Մևոյան Զ.Ս.** Կարկուտից պաշտպանված արևային լուսաէլեկտրական արդյունավետ մոդուլի պատրաստման նոր տեխնոլոգիա // Հայաստանի գիտությունների ազգային ակադեմիայի և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Տեղեկագիր. Տեխն.գիտ.սերիա: - 2016.- Հ.LXIX, N4.- էջ 354-362:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.05.2017:

**Կ.Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Գ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Գ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ,
Վ.Գ. ԽԱՉԱՏՈՒՐՅԱՆ, Ժ.Ռ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Լ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Զ.Ս. ՄԵՎՈՅԱՆ**

**ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԱՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ
ԱՐԵՎԱԿՆԱՀԵՏԱԳԾԱՅԻՆ ՄԱՐԲՈՎ**

Մշակվել են արեգակնահետազոյային սարքով կառավարվող ապարատ և ծրագրային ապահովում: Առաջարկվել է արեգակի ճառագայթների առավելագույն հոսքի նկատմամբ արևային պանելի օպտիմալ կողմնորոշման մեթոդ:

Առանցքային բառեր: արևային պանել, արեգակնահետազոյային սարք, արևային էներգատեղակայանք, տվիչ, ֆոտոռեզիստոր, օժանդակ շարժիչ, Արդյուինոյի հեռահարթակ:

**K.A. AVETISYAN, G.P. VARDANYAN, G.G. KIRAKOSYAN,
V.G. KHACHATURYAN, ZH.R. PANOSYAN, L.G. KIARKOSYAN, J.S. SEVOYAN**

CONTROLLING THE SOLAR POWER PLANT BY A HELIOTRACKER

The hardware and software for controlling by a heliotracker are developed. A method for optimal orriertation of a solar panel on the maximal flow of the solar radiation is proposed to ensure the highest efficiency of the operation of solar power plants.

Keywords: solar panel, heliotracker, solar power plant, sensor, photoresistor, servomotor, arduino platform.