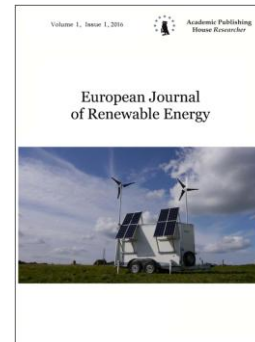


Copyright © 2016 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
European Journal of Renewable Energy  
Has been issued since 2016.  
E-ISSN 2454-0870  
2016, 1(1): 11-19

DOI: 10.13187/ejore.2016.1.11

[www.ejournal51.com](http://www.ejournal51.com)

UDC 004.4 621.317.1

## Modeling of Simple Controller for Solar Tracking System

Ngo Xuan Cuong <sup>a,\*</sup>, Nguyen Thi Hong <sup>b</sup><sup>a</sup> Hue University, Vietnam<sup>b</sup> Hue Industrial College, Department of Thermal and Refrigeration Engineering, Vietnam

### Abstract

At the present time, all country of the world is very interested in renewable energy sources such as solar, wind, geothermal or tidal energy ..., solar energy is one of the most energy resource used wide spread. This paper presents a solution to make solar energy more viable, this is increasing the efficiency of the solar panel. The idea is to design a single-axis tracking system, which changes the position of the solar panel for maximizing the incident radiation on panel. Solar tracking system includes solar panel, light sensors, controller and one actuator. In this paper, we present an overview of solar tracking systems, light sensors, introduces the simple controller of the solar tracking systems using platform Arduino uno, present a control algorithm for this system, and conduct modeling of this controller using software Proteus. Simulations results conform to the technical requirements and posed control algorithm. We conducted manufacturing light sensor and controller. Check results show that this controller effective working and have high accuracy.

**Keywords:** controller, tracking systems, Arduino, Proteus, light sensor.

### 1. Введение

Использование солнечной энергии в мировой энергетической системе в последние годы динамично развивается. Сегодня созданы не только солнечные батареи, но и ряд приложений, которые позволяют увеличить получения солнечной энергии (**Redirecting Light**). В этой статье объект исследования относится к следящим системам солнечных батарей, включая контроллеры. Для повышения производительности устройства было проведено много исследований (**Hro, 2013**). Механизмы слежения по солнцу использованы для того, чтобы поставить лицевую сторону устройства всегда к солнцу и собрать наибольшее количество энергии. Система слежения по солнцу бывает одноосной (**Babu, Koteswarao, 2016; Das et al., 2014; Khan, 2010; Pammar, Santosh, 2014; Zubair et al., 2011**) или двухосной (**Alexandru, Pozna, 2010; Bajpai, Subhash, 2011; Bingöl et al., 2011**). Для управления требуется контроллер угла поворота. В работах (**Das et al., 2014**) исследована система, в которой используется микропроцессор оси P89V51RD2 и L293D для управления двигателем. В работе Арафат Хан использован микроконтроллер ATMEGA8 (**Khan, 2010**). В статье С. Зубайр изучали применение микроконтроллера AT89S51 для одноосной следящей

\* Corresponding author

E-mail addresses: [cuongngoxuan@gmail.com](mailto:cuongngoxuan@gmail.com) (Ngo Xuan Cuong), [hongnguyenbsu@gmail.com](mailto:hongnguyenbsu@gmail.com) (Nguyen Thi Hong)

системы с датчиком освещенности, используемым LDR (Zubair et al., 2011). В работе Maruti Pammar использовался микроконтроллер ARM7 для контроля зарядки и ориентации (Pammar, Santosh, 2014). В труде Бабу и Koteswarao был использован чип AT89C51 и LDR для ориентации (Babu, Koteswarao, 2016). В публикации Alexandru C. и C. Pozna исследовано моделирование двухосных следящих систем для повышения производительности энергоустановки (Alexandru, Pozna, 2010). В труде Баджпай П. и Кумар С. разработана и представлена двухосная система на основе датчика света LDR и ATmega 32, используя управление от двигателя постоянного тока (Bajpai, Subhash, 2011). В работах Бингол Окан представлена модель двухосной поворотной системы, несмотря на сложные и дорогостоящие комплектующие, была незначительно повышена производительность (Bingöl et al., 2011). Работа Лу Нгок Танг, Министерства промышленности Вьетнама «Исследование, разработка автоматизированных систем для адаптации к положению солнца, чтобы повысить эффективность работы приборов с использованием солнечной энергии» рассматривает позиционирование одной оси. Оборудование включает в себя: электронный контроллер; Шаговый привод двигателя для передачи вращательного винта; Опорная рама панели солнечных батарей; Оптический датчик из фоторезисторов. Работа проводилась в Ханое, электронный контроллер не является оптимальным (Ly Ngoc Thang, 2013). В работе Нгуен Нян Бон «Алгоритм повышения производительности солнечных элементов и приложений» был улучшен алгоритм повышения эффективности солнечных элементов и, для обеспечения самой высокой производительности нужна система «направленного света» всегда вращаются солнечных панелей в направлении солнца. В этой работе использован контроллер, который включает в себя два компонента схемы датчика слежения и системы определения точки максимальной мощности (Nguyen Nhan Bon, 2014). В работе Нго Минь Хоа «Система диспетчерского и технологического управления солнечными панелями», использованы роботы,двигающиеся по рельсам, для поворота солнечных панелей к солнцу, чтобы эффективность использования энергии достигла максимального уровня (Ngo Minh Hoa). Эта система имеет много преимуществ, но чрезвычайно высока стоимость. В труде Динь Хонг Бо «Разработка и производство систем управления ориентации солнечных батарей» использовалась двухосная система, веб-камера в качестве датчика освещения, управление осуществлялось с помощью программного обеспечения matlab (Dinh Hong Bo et al., 2011). Необходимо отметить, что система была усложнена, рост производительности не значительно увеличился. На основе приведенного анализа, авторы сосредоточились на простом контроллере для одноосно следящей солнечной системы, остальные оси могут регулироваться вручную.

## 2. Содержание исследования

Основная цель этого проекта заключается в разработке простого контроллера для солнечных следящих систем с целью повышения эффективности солнечных батарей. Этот проект состоит из двух частей: аппаратного и программного обеспечения. Основные компоненты контроллера: датчик света, датчики тока и напряжения, Arduino, дисплей и цепь управления электродвигателями. Блок-схема контроллера показана на рис. 1.



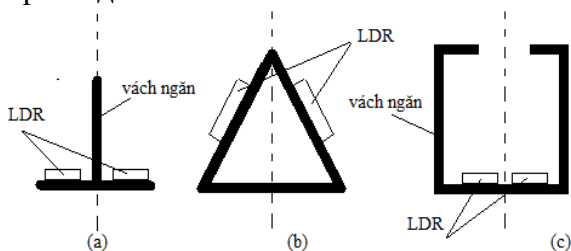
Рис. 1. Блок-схема контроллера

## 2.1. Аппаратные средства

Аппаратные средства этого проекта включают в себя следующее оборудование: солнечные батареи, датчики света, двигатели постоянного тока и контроллеров с помощью Arduino.

### 2.1.1. Датчик света

Датчики света исследованы и сделаны с различными типами. На [рис. 2](#) приведена схема датчика света нескольких образцов для одноосных солнечных следящих систем ([Mousazadeh et al., 2009](#)). В этом проекте используется датчик света созданные на 2 фоторезисторах (Light Dependent Resistor LDR) и участок стенки блокирующего солнечного света, он представлен на [рис. 2.a](#). Фоторезистор (LDR) представляет собой резистор, значение которого зависит от интенсивности света, падающего на него. К двум фоторезисторам добавляется два дополнительных резистора 1к, чтобы образовать мостик потенциометр, выходное напряжение датчиков, который становятся зависимыми от интенсивности света, их измерение показано в [таблице 1](#). Эти результаты измерены в разное время дня.



**Рис. 2.** Структура датчика света.

**Таблица 1.** Интенсивность света

Интенсивность света	Выходной напряжение, В
Темный	0,6
Неоновый	1,2
Облачный	1,3
Средний	3,7
Яркий	4,4

### 2.1.2. Фотоэлектрические элементы

Фотоэлектрические элементы представлены устройством преобразования света в электрическую энергию. Фотоэлектрические элементы также известны как солнечные батареи, потому что солнце является источником света, доступного и широко используемого. Солнечные батареи изготовлены из фотогальванических элементов, и создают электроэнергию для коммерческих и гражданских целей. В этом проекте используются поликристаллические солнечные элементы, показанные на [рис. 3](#). Эта батарея дешевле, чем из монокристалла, а также имеет сниженную эффективность преобразования.



**Рис. 3.** Солнечная батарея

### **2.1.3. Arduino контроллер**

Arduino является электронным устройством с открытым исходным кодом. Arduino прост в использовании для подключения к аппаратным и программным обеспечением. С Arduino пользователи могут измерить изменения в окружающей среде с помощью различных датчиков. В этом проекте Arduino UNO R3 используется в качестве центрального контроллера, поскольку он удовлетворяет следующим условиям: микроконтроллер ATmega32 около 14 футов (6 футов, включая ШИМ), 6 аналоговых разъемов USB, аналоговое разрешение 10 бит.

### **2.1.4. Двигатели постоянного тока и цепи управления L298.**

Схема L298 управления двигателем состоит из двух H-мостовых схем, которая может помочь контролировать скорость и направление вращения двигателя постоянного тока.

Потребление двигателя от 5В до 35 вольт постоянного тока, максимальный расход 2А (макс 70W двигателя). Рассеиваемая мощность: 20 Вт (при температуре  $T = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Для данной модели может использоваться один контроллер L298.

### **2.2. Программное обеспечение**

Программное обеспечение программируется с помощью программы компилятора "Arduino Intergrated Development Environment". Исходный код скомпилирован и загружен через USB-кабель на Arduino UNO. Блок-схема алгоритма управления программного обеспечения показана на [рис. 4](#). В схеме переменный  $t$  является переменным по времени суток, и  $ADC_T$   $ADC_D$  – значение напряжения, которое представлено Arduino из датчика света.  $ADC_{set}$  - значение напряжения стандарта, при котором света не хватало, так как были облака. В конечной точке каждого направления находится один выключатель, чтобы приводы не превышали предельно допустимого значения, и не повреждали следящую систему.

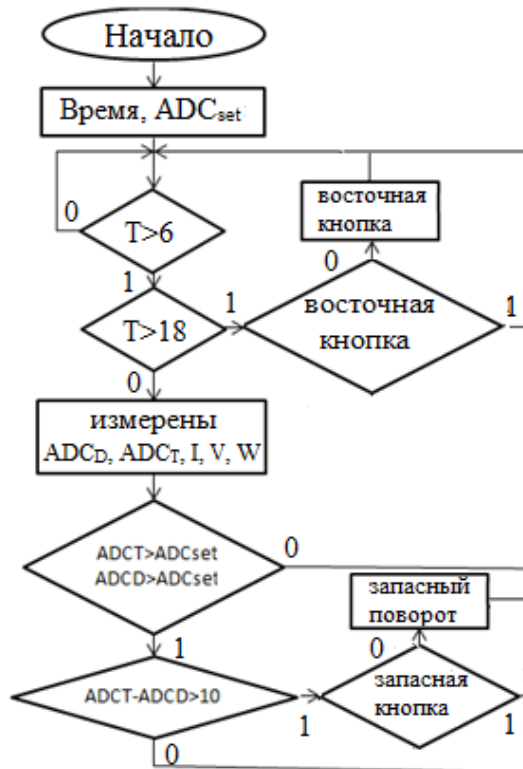


Рис. 4. Алгоритм управления

### 3. Моделирование

Контроллер следящей системы создан программой моделирования PROTEUS 7.7, это одна из лучших программ моделирования электронного проектирования. Интерфейс моделирования контроллера показан на рис. 5. Ядро моделирования – Arduino UNO, это связь с 16x2 жидкокристаллическим дисплеем, A4 и A5 двух аналоговых шин, которые подсоединены к цепи реального времени (RTC), цифровые шины 3 7 8 9 контактов подключены к цепи управления двигателя L298, 2 шины от датчика света на две аналоговые шины A0, A1.

Программа управления написана в программном обеспечении Arduino IDE. Она превращена в скомпилированный "шестнадцатеричный код", который мы исследуем (проверяем). Этот шестнадцатеричный код загружается в Arduino на программе PROTEUS 7.7 перед процессом моделирования.

В дополнение к измерению значения напряжения, тока и мощности солнечных батарей в PROTEUS, мы также используем имитационную модель, показанную на рис. 6. Схема состоит из одного источника, подключенного к LDR эквивалент от солнечных источников, цепь потенциометра измеряет значение напряжения, подсоединенных к аналоговому вводу A2, датчики тока ACS715, подключенные к вводу A3. В цепи потенциометра имеется дополнительно 1 стабилитрон напряжения (диод zener 5,1V) для защиты от перенапряжения, которое приводит контроллер в негодность.

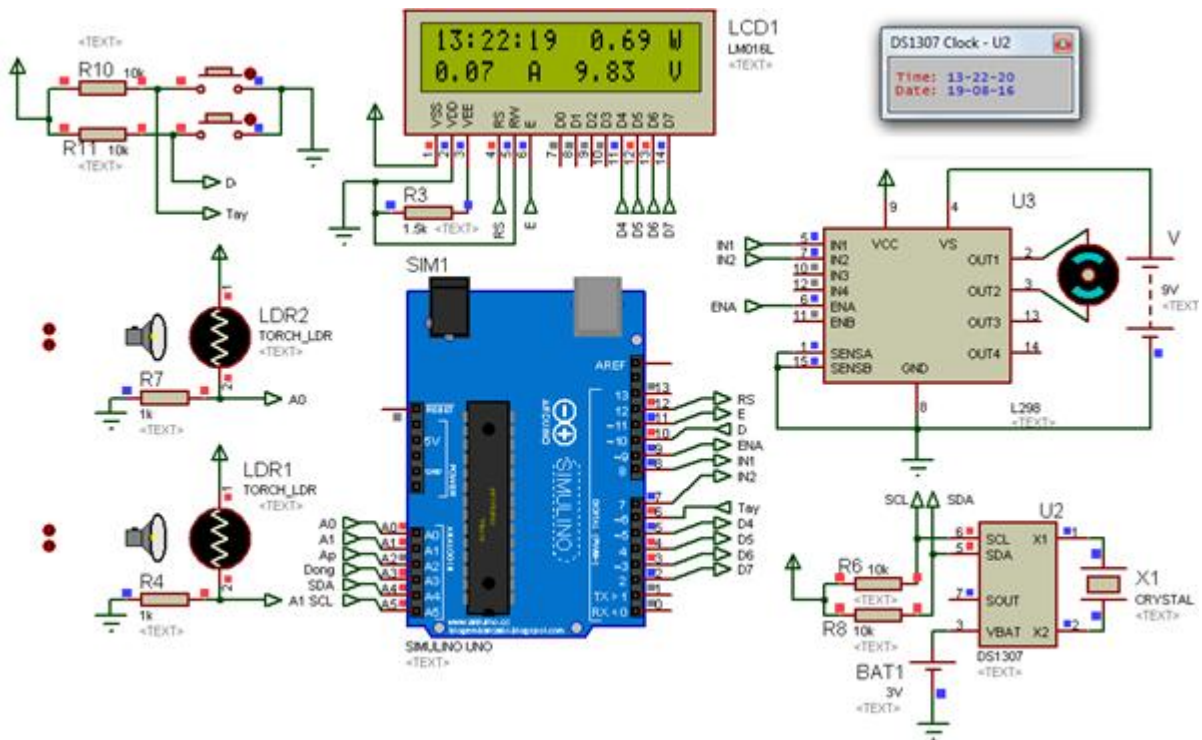


Рис. 5. Диаграмма моделирования контроллера

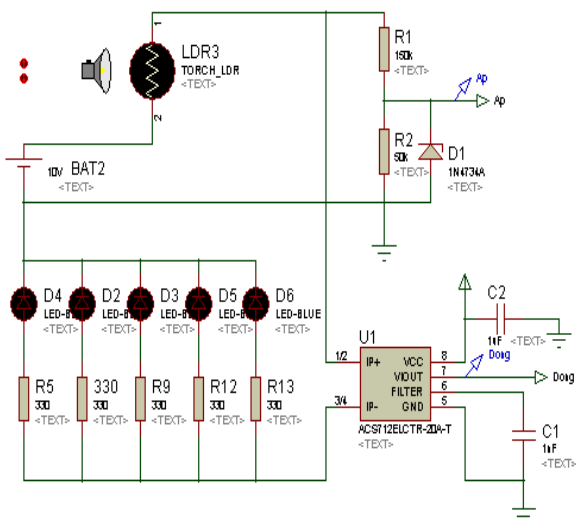
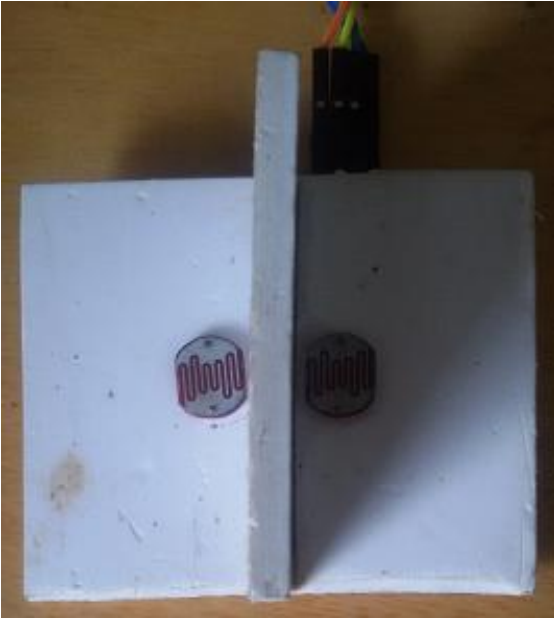


Рис. 6. Диаграмма моделирования цепи измерения напряжения и тока

#### 4. Выполнение аппаратного обеспечения

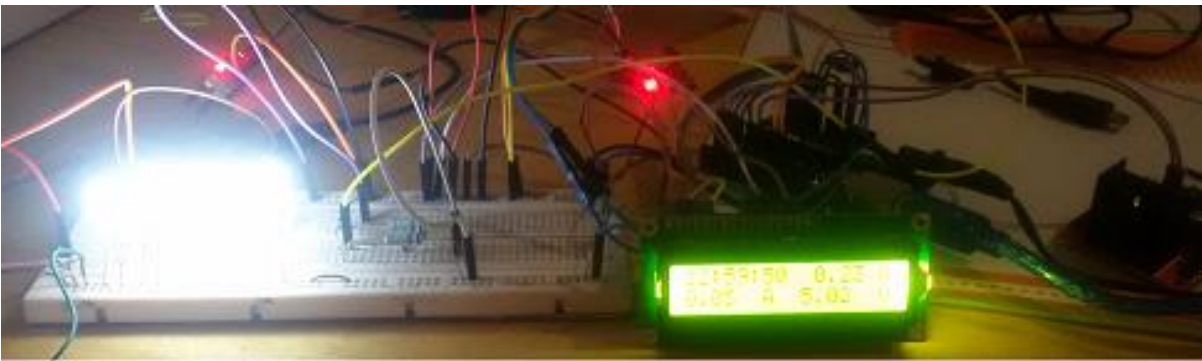
В соответствии с программой моделирования, световой датчик находится, как показано на рис. 7, остальные модули соединены друг с другом, чтобы сформировать контроллер следящей системы на практике. Рис. 8 контроллер, включая модули: Arduino, контроллер L298, RTC DS1307, световой датчик, LCD 16x2, нагрузки и датчиков тока.



**Рис. 7.** Датчик света

Мы используем энергию непосредственно от солнечных батарей, она снабжает светодиодные лампочки и измерит параметры, отображаемые на ЖК-дисплей 16x2. Arduino подключен непосредственно к компьютеру, который может сделать связь между ними.

Результаты измерений Arduino идентичны измерениям с помощью ВОМ. Тестирование под разными углами освещения и в разное время, показывают, что контроллер двигателя постоянного тока являются эффективным, в соответствии с предложенным алгоритмом.



**Рис. 8.** Контроллер следящей системы

### 5. Заключение

Таким образом, простой контроллер на платформе Arduino с датчиками света для одноосной следящей системы был смоделирован и изготовлен, но не был проверен в механической системе. Кроме того, был испытан также контроллер для видимости тока, напряжения и мощности используемых солнечных батарей. Выгодно отличает этот проект то, что использован простой контроллер, при несложном монтаже и настройке параметров.

### Литература

[Redirecting Light](http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light) – Redirecting Light. Available from: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light>.

**Нго, 2013** – Нго, Сян Кьонг, Повышение эффективности солнечных батарей с помощью следящей системы. Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2013. 1: p. 318-321.

**Babu, Koteswarao, 2016** – Babu, R Guru and Koteswarao. M, A Novel Solar Tracking System using AT89C51 Microcontroller and LDR. *International Journal of Research*, 2016. 3(4): p. 166-170.

**Das et al., 2014** – Das, Soumya, et al., Single Axis Automatic Solar Tracking System Using Microcontroller. *TELKOMNIKA Indones. J. Electr. Eng*, 2014. 12: p. 8028-8032.

**Khan, 2010** – Khan, Md Tanvir Arafat, et al. Design and construction of an automatic solar tracking system. in *Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 2010 International Conference on. 2010. IEEE.

**Pammar, Santosh, 2014** – Pammar, Maruti and Santosh Chavan, Design and development of advanced microcontroller based solar battery charger and solar tracking system. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2014. 3(3): p. 35-41.

**Zubair et al., 2011** – Zubair, S, et al., Design And Construction Of A Microcontroller Based Single Axis Solar Tracker. *Innovations in Science and Engineering*, 2011. 1: p. 41-47.

**Alexandru, Pozna, 2010** – Alexandru, C and C Pozna, Simulation of a dual-axis solar tracker for improving the performance of a photovoltaic panel. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 2010. 224(6): p. 797-811.

**Bajpai, Subhash, 2011** – Bajpai, Prabodh and Subhash Kumar. Design, development and performance test of an automatic two-Axis solar tracker system. in *India Conference (INDICON)*, 2011 Annual IEEE. 2011. IEEE.

**Bingöl et al., 2011** – Bingöl, Okan, Ahmet Altıntaş, Yusuf Öner, Microcontroller based solar-tracking system and its implementation. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 2011. 12(2).

**Ly Ngoc Thang, 2013** – Ly Ngoc Thang, Nghien cuu, thiet ke he thong tu dong thich ung voi vi tri mat troi nham nang cao hieu qua su dung cac thiet bi dung nang luong mat troi. 2013.

**Nguyen Nhan Bon, 2014** – Nguyen Nhan Bon, Giai thuat nang cao hieu suat pin mat troi va ung dung. 2014.

**Ngo Minh Hoa** – Ngo Minh Hoa, He thong dieu khien giam sat pin mat troi. Available from: [http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com\\_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi](http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi).

**Dinh Hong Bo et al., 2011** – Dinh Hong Bo, et al., Thiet ke che tao he dieu khien dinh huong pin mat troi. 2011.

**Mousazadeh et al., 2009** – Mousazadeh, Hossein, et al., A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2009. 13(8): p. 1800-1818.

## References

**Redirecting Light** – Redirecting Light. Available from: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/redirecting-light>.

**Ngo, 2013** – *Ngo Syan Kyong* (2013). Povyshenie effektivnosti solnechnykh batarei s pomoshch'yu sledyashchei sistemy [Improving the efficiency of solar panels with tracking system]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 1: p. 318-321.

**Babu, Koteswarao, 2016** – *Babu, R Guru and Koteswarao. M* (2016). A Novel Solar Tracking System using AT89C51 Microcontroller and LDR. *International Journal of Research*, 3(4): p. 166-170.

**Das et al., 2014** – *Das, Soumya, et al.* (2014). Single Axis Automatic Solar Tracking System Using Microcontroller. *TELKOMNIKA Indones. J. Electr. Eng*, 12: p. 8028-8032.

**Khan, 2010** – *Khan, Md Tanvir Arafat, et al.* (2010). Design and construction of an automatic solar tracking system. in *Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 2010 International Conference on. 2010. IEEE.

**Pammar, Santosh, 2014** – Pammar, Maruti and Santosh Chavan (2014). Design and development of advanced microcontroller based solar battery charger and solar tracking system. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(3): p. 35-41.



Zubair et al., 2011 – Zubair, S, et al. (2011). Design And Construction Of A Microcontroller Based Single Axis Solar Tracker. *Innovations in Science and Engineering*, 1: p. 41-47.

Alexandru, Pozna, 2010 – Alexandru, C and C Pozna, (2010). Simulation of a dual-axis solar tracker for improving the performance of a photovoltaic panel. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: *Journal of Power and Energy*, 224(6): p. 797-811.

Bajpai, Subhash, 2011 – Bajpai, Prabodh and Subhash Kumar (2011). Design, development and performance test of an automatic two-Axis solar tracker system. in India Conference (INDICON), 2011 Annual IEEE. 2011. IEEE.

Bingöl et al., 2011 – Bingöl, Okan, Ahmet Altıntaş, Yusuf Öner (2011). Microcontroller based solar-tracking system and its implementation. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 12(2).

Ly Ngoc Thang, 2013 – Ly Ngoc Thang, Nghien cuu, thiet ke he thong tu dong thich ung voi vi tri mat troi nham nang cao hieu qua su dung cac thiet bi dung nang luong mat troi. 2013.

Nguyen Nhan Bon, 2014 – Nguyen Nhan Bon, Giai thuat nang cao hieu suat pin mat troi va ung dung. 2014.

Ngo Minh Hoa – Ngo Minh Hoa, He thong dieu khien giam sat pin mat troi. Available from: [http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com\\_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi](http://dee.tdt.edu.vn/index.php?option=com_content&view=article&id=271:ngo-minh-hoa-v-i-h-th-ng-di-u-khi-n-giam-sat-pin-m-t-tr-i&catid=47&Itemid=286&lang=vi).

Dinh Hong Bo et al., 2011 – Dinh Hong Bo, et al., Thiet ke che tao he dieu khien dinh huong pin mat troi. 2011.

Mousazadeh et al., 2009 – Mousazadeh, Hossein, et al. (2009). A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(8): p. 1800-1818.

УДК 004.4 621.317.1

## Моделирование простого контроллера для следящей за солнцем системы

Нго Сян Кыонг <sup>a,\*</sup>, Нгуен Тхи Хонг <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Гуэский Университет, Гуэ, Вьетнам

<sup>b</sup> Промышленный колледж Гуэ, факультет тепловой и холодильной техники, Вьетнам

**Аннотация.** В настоящее время все страны мира очень заинтересованы в области возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, вечерняя, геотермальная или приливная энергии. Солнечная энергия получила наибольшее распространение. Эта статья представляет собой решение, чтобы сделать получение солнечной энергии более эффективным. Идея заключается в том, чтобы разработать одноосную следящую систему, которая изменяет положение солнечных батарей для максимизации падающего излучения на панель. Солнечная следящая система включает в себя солнечные батареи, датчики света, контроллер и один привод. В этой статье представлены обзор солнечных следящих систем, датчики света, показан простой контроллер солнечных систем слежения с использованием платформы Arduino Uno, представлен алгоритм управления для этой системы, а также проведено моделирование этого контроллера с помощью программного обеспечения Proteus. Результаты моделирования соответствуют техническим требованиям и алгоритмам управления. Мы провели изготовления светового датчика и контроллера. Результаты проверки показывают, что контроллер эффективно работает и имеет высокую точность.

**Ключевые слова:** контроллер, следящая система, Arduino, Proteus, датчик света.

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [cuongngoxuan@gmail.com](mailto:cuongngoxuan@gmail.com) (Нго Сян Кыонг), [hongnguyenbsu@gmail.com](mailto:hongnguyenbsu@gmail.com) (Нгуен Тхи Хонг)