

SOLAR PANEL ORIENTATION SYSTEM FOR INCREASING ENERGY PRODUCTION WITH ARDUINO SIMULATION*

KRASIMIR M. KORDOV, AHMED A. AHMEDOV

ABSTRACT: *This article presents a system for the automatic orientation of photovoltaic panels toward the sun, aiming to optimize captured sunlight and enhance energy yield. The system is implemented through a prototype utilizing an Arduino microcontroller, photoresistors for detecting light intensity, and a servomotor for panel positioning.*

KEYWORDS: *Solar panels, Arduino, Energy production;*

2020 Math. Subject Classification: 68M01, 68M99

СИСТЕМА ЗА НАСОЧВАНЕ НА СОЛАРНИ ПАНЕЛИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА ЕНЕРГОДОБИВА СЪС СИМУЛАЦИЯ НА ARDUINO[†]

КРАСИМИР М. КОРДОВ АХМЕД А. АХМЕДОВ

1 Въведение

Зелената енергия представлява революционна алтернатива на традиционните енергийни източници, която не само осигурява устойчиво енергийно бъдеще, но и играе решаваща роля в опазването на околната среда. За разлика от изкопаемите горива, възобновяемите енергийни източници не отделят вредни емисии в атмосферата, не замърсяват въздуха с токсични газове и не допринасят за парниковия ефект. Използването на зелена енергия

* This paper is partially supported by Scientific Research Grant РД-08-75/22.01.2025 of Shumen University

[†] Статията е частично финансирана по проект № РД-08-75/22.01.2025 на ШУ „Еп. Константин Преславски“

значително намалява въглеродния отпечатък на човешката дейност и помага за съхраняването на природните екосистеми за бъдещите поколения.

Един от най-перспективните и съвременни методи за добиване на зелена енергия от възобновяеми източници е използването на соларни панели, преобразуващи слънчевата светлина в електрическа енергия. Генерирането на енергия се извършва, когато слънчевите лъчи се абсорбират от соларната повърхност и се преобразуват в електрическа енергия под формата на прав ток, а при необходимост чрез допълнителни средства може да бъде преобразувана и в променлив ток. Количеството на енергодобива зависи от множество фактори, включително метеорологичните условия, които могат да затруднят достъпа на слънчевите лъчи до повърхността на соларните панели, наличието на достатъчно слънчева светлина през деня, замърсяването на повърхността на соларните панели с прах и други замърсители, степента на амортизиране на панелите с течение на времето, както и ключовият фактор - ъгълът на падане на слънчевите лъчи спрямо равнината на соларния панел.

Настоящата разработка се фокусира върху създаването на интелигентна система, която автоматично ориентира соларните панели към най-благоприятната позиция спрямо слънцето през целия ден, като по този начин максимизира количеството улавяна слънчева енергия. Чрез използване на съвременни микроконтролерни технологии и сензорни системи, проектът цели да демонстрира как достъпни технологични решения могат да бъдат приложени за създаване на ефективни и икономически оправдани системи за подобряване на производителността на соларните инсталации.

Според направени проучвания на системи, контролиращи насочването на соларни панели, повишаването на енергийния добив може да се подобри до 30% - 40% [1], но някои от системите достигат и до по-високи стойности [2, 3]. Отчитайки разходите за хардуерни задвижващи елементи при

конструирането на система за насочване на соларни панели, двусово задвижване не винаги е оправдано, спрямо постигнатите резултати. При правилно разположение на панелите под оптимален наклон в посока север-юг (в зависимост от географската позиция), най-икономичният подход е използването на едноосна система за позициониране за насочване на повърхността на соларните панели в посока изток-запад.

2 Прототип на система за насочване на соларни панели

Предложената система е реализирана чрез използване на подходящи хардуерни компоненти, които позволяват провеждането на симулация за тестване на предложения модел за ротация на панели спрямо посоката на светлината. Използваните компоненти са:

Arduino

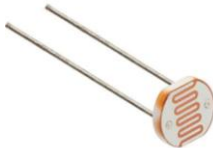
Модул Arduino Uno [4] е микроконтролер широко използван за реализация на разнообразни проекти [5, 6]. Платката е базирана на архитектура ATmega328P с тактова честота от 16 MHz, разполага с 32KB флаш памет, 2KB SRAM и включва цифрови и аналогови входно-изходни пинове, към които могат да се свързват различни компоненти. Използваният език за програмиране е базиран на C/C++, който се изпълнява посредством средата за разработка Arduino IDE. На Фиг. 1 е показан самият модул. Разнообразието и достъпната цена на компонентите, които могат да се използват с Arduino, улесняват създаването на цялостни системи от разнообразен характер [7, 8].



Фигура 1 – Микроконтролер Arduino Uno

Светлинни сензори (LDR - Light Dependent Resistors)

Фоторезисторите представляват основните сензори за детекция на интензитета на светлината. Тези компоненти променят своето съпротивление в зависимост от количеството падаща светлина. При по-висока осветеност съпротивлението намалява, а при по-ниска – се увеличава. В предложената система са използвани два сензора (Фиг. 2) за отчитане на слънчевата светлина и според получените стойности се извършва плавно завъртане на соларен панел под подходящ ъгъл спрямо източника на светлина. Постоянното изпращане на стойности от фоторезисторите към централния модул Arduino дава възможност на алгоритъма за сравнение на данните и осъществяване на едноосовото задвижване.



Фигура 2 - LDR - Light Dependent Resistor

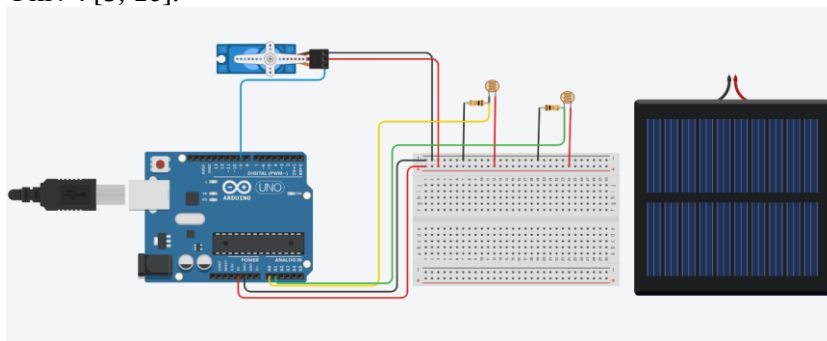
Серво мотор за позициониране

Серво моторите (Фиг. 3) осигуряват прецизното механично движение, необходимо за ориентиране на слънчевия панел. Стандартният ъглов диапазон, обикновено е между 0 и 180 градуса.



Фигура 3 – Модели електромотори за Arduino

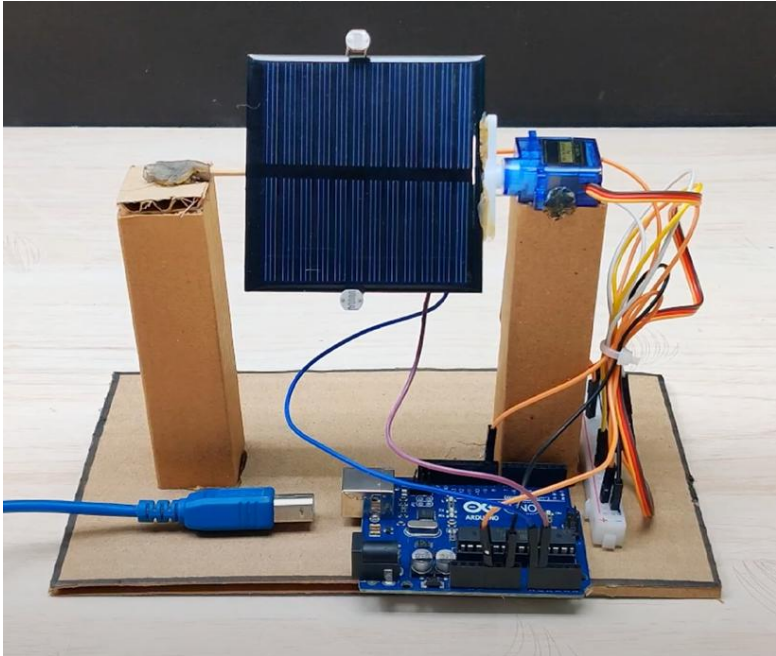
Схемата на свързване на компонентите е представена на Фиг. 4 [9, 10].



Фигура 4 – Схема на свързване на компонентите

Симулация на система за насочване на соларни панели

За тестване на системата е извършено монтиране на представените компоненти в лабораторни условия (Фиг. 5).



Фигура 5 – Тестване на системата за автоматично позициониране на соларен панел

Микроконтролерът Arduino е базовият компонент, управляващ системата. Към соларен панел са прикрепени фоторезистори за отчитане на светлината. Данните от сензорите се използват от алгоритъма за насочване, който подава сигнал към серво мотора за завъртане на соларния панел под оптимален ъгъл спрямо светлината.

3 Заключение

Създадената система за автоматизирано ориентиране на соларни панели валидира теоретичните основи за енергийна оптимизация. Arduino технологията се доказва като адекватно решение с необходима функционалност при минимални разходи, а виртуалната симулация в Tinkercad ефективно потвърждава концепцията преди физическото изпълнение. Експериментирането с контролиран светлинен източник доказва стабилната работа при различни условия. Представеният прототип е практично и икономично решение за компактни соларни приложения и учебни цели.

Практическите експерименти показват увеличен добив на енергия, което обосновава евентуална инвестиция в имплементиране на такава разработка за реални фотоволтаични ферми за производство на енергия.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Sidek, M. H. M., Azis, N., Hasan, W. Z. W., Ab Kadir, M. Z. A., Shafie, S., & Radzi, M. A. M. (2017). Automated positioning dual-axis solar tracking system with precision elevation and azimuth angle control. *Energy*, 124, 160-170.
- [2] Seme, S., Štumberger, B., Hadžiselimović, M., & Sredenšek, K. (2020). Solar photovoltaic tracking systems for electricity generation: A review. *Energies*, 13(16), 4224.
- [3] Racharla, S., & Rajan, K. (2017). Solar tracking system – a review. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(2), 72–81.
- [4] Arduino Uno Rev3, Product Reference Manual, <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> - (20.06.2025).
- [5] Stoyanov, B., and Ivanova, T. (2019, November) CHAOSA: Chaotic map based random number generator on Arduino platform. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2172, No. 1, p. 090001). AIP Publishing.
- [6] Kordov, K., & Vichev, S. (2023). System for real-time monitoring of temperature, air humidity and atmospheric pressure. *Journal scientific*

- and applied research, 24(1), 73-77. ISSN 1314-6289 (Print) ISSN 2815-4622 (Online).
- [7] Kordov K., & Stoyanova, D. (2023). Parking management system, Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of Mathematics and Computer Science, Vol. XXIV C, 2023, pp. 41 – 46, ISSN 1311-834X.
- [8] Кордов, К., Стоянов, Ст., Система за управление на осветление в смарт хоум, Сборник студентски научни публикации, Факултет по математика и информатика, том 5, 2023, стр. 15 – 20, ISSN 2683-023X.
- [9] Tinkercad web application for Arduino project design - <https://www.tinkercad.com/> - (20.06.2025).
- [10] Mustan, S., Kr. Harizanov 2024. The role of Microsoft platforms Makecode and Tinkercad in STEM education, KNOWLEDGE – International Journal Vol.66.2, pp.217- 221 (ISSN 2545-4439/1857-923X).

Красимир Кордов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“

E-mail: krasimir.kordov@shu.bg

Ахмед Ахмедов

Факултет по математика и информатика

Шуменски университет „Епископ К. Преславски“