

# ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

<sup>1</sup> Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця;

## **Анотація**

*Мета проведеного дослідження полягає в розробці математичної моделі взаємодії сонячного випромінювання і фотоприймальних панелей, та математичного апарату розрахунку кута положення цих панелей для генерації максимально можливої потужності енергії.*

*Завдання яке вирішувалось в даній роботі – це визначення найбільш ефективного методу орієнтації сонячної батареї та пропозиції по його реалізації.*

**Ключові слова:** сонячні електростанції; трекири, датчики освітленості "стільникового" типу, методи оптимізації багатьох змінних.

## **Abstract**

*The purpose of the conducted research is to develop a mathematical model of the interaction of solar radiation and photoreceiving panels, and a mathematical apparatus for calculating the angle of the position of these panels to generate the maximum possible power of energy.*

*The task that was solved in this work is the determination of the most effective method of orientation of the solar battery and a proposal for its implementation.*

**Keywords:** solar power plants; trackers, light sensors of the "honeycomb" type, optimization methods of many variables.

## **Вступ**

Система керування положенням сонячних панелей (СКП СП) розглянута у роботі, дозволить підвищити загальну потужність генерації сонячних електростанцій (СЕС) завдяки оптимальному розміщенню фотоприймачів відносно Сонця. Накопичені статистичні дані дозволять, в залежності від руху Сонця відносно Землі та географічним розміщення пристрою, розраховувати положення СП на початку світлового дня («стартове ранкове положення»), після закінчення несприятливого періоду (дощ, хмарне небо, сильний вітер, тощо), або у випадках коли рівень освітленості не достатній щоб фотодатчики визначили оптимальний напрямок на Сонце.

Перераховані особливості системи дозволяють зменшити недоліки сезонного фактору переривчастості вироблення електроенергії на СЕС та планувати потужності роботи станцій для покращення стійкості енергосистеми.

## **Опис системи позиціонування**

Головною ланкою елементом СКП СП є модуль, в якому відстежується напрямок на Сонце [1]. Цей пристрій отримує дані про розміщення Сонця на протязі доби та розраховує тривалість та напрямок роботи двигунів що відповідають за поворот фотобатарей в необхідне положення.

Реалізація даного пристрою може бути виконана:

- 1) розрахунковим методом;
- 2) з використанням датчика відстеження положення Сонця;
- 3) комбінованим способом.

У запропонованій розробці використовується комбінований спосіб, як такий, що забезпечує оптимальне функціонування системи керування при будь-яких умовах освітленості.

Для відстеження напрямку на Сонце пропонується в трекерній системі використовувати окопроцесорний датчик стільникового типу у якому фотоеlementи (рецептори) виконані у формі правильних шестикутників (гексагонів). Ці елементи розміщуються в основі циліндру із світлонепроникного матеріалу висота якого відповідає фокусній відстані опуклої лінзи що розташована на верхній основі (рис. 1). Сонячні промені проходять через лінзу та фокусуються на одному із рецепторів. Положення активованого елемента (або 2-3 сусідніх елементів) однозначно визначає потрібний розворот

сонячних панелей. Збудження центрального елемента є ознакою оптимального розміщення СП в напрямку перпендикулярному на Сонце. Дискретність рецепторів визначає мінімізацію похибки позиціонування системи.

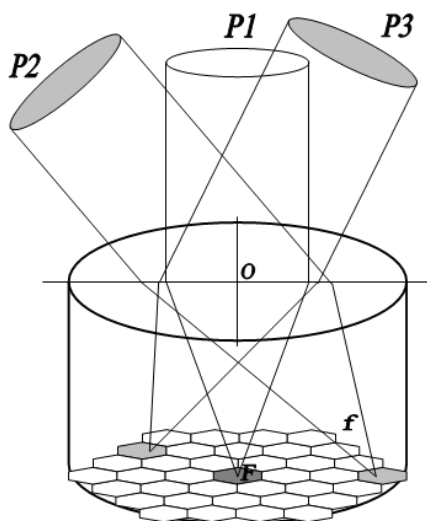


Рис. 1 – Фокусування сонячних променів на фотоелементах

З метою коректного розташування фотоприймальних модулів після "нічного періоду", затінення фотодатчиків, "чергового" режиму, викликаного несприятливими умовами, використовується розрахунковий метод який базується на статистичній інформації попередніх аналогічних періодів та обчислені положення Сонця у відповідності з його рухом по орбіті над місцем де розміщена СЕС.

Для цього необхідно розраховувати положення СП [2] в оптимальному розміщенні відносно сонця (рис. 2):

$$\cos(i) = \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(\omega) + \sin(\delta) \sin(\varphi) \quad (1)$$

де,  $\delta$  – кут схилення сонця;  
 $\varphi$  – широта місця установки;  
 $\omega$  – годинний кут.

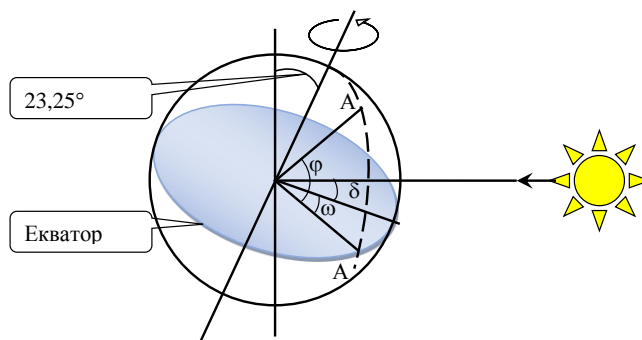


Рис. 2 – Основні параметри руху Сонця

Кут схилення сонця перебуває [3] в діапазоні від  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$  і дорівнює куту між площиною екватора та напрямком на об'єкт, причому для об'єктів у північній півкулі ця величина є додатною, а в південній – від'ємною.

$$\delta = 23,25 \times \sin\left(\frac{2\pi \times d}{365,25}\right) \quad (2)$$

де,  $d$  – номер дня в році, астрономічний день.

Годинний кут дорівнює довжині дуги екватора від небесного меридіана до кола відмінювання світила і відраховується в напрямку обертання небесної сфери:

$$\omega = 360^\circ \times \left(\frac{h-12}{24}\right) \quad (3)$$

де,  $h$  – година доби.

Розрахунок поточного положення фотомодулів за фіксованими кутами за двома осями проводимо, використовуючи інтерполяційний поліном Лагранжа:

$$P_n(t) = \sum_{i=0}^n L_i(t)y_i \quad (4)$$

де,  $y_i$  – значення кутів нахилу панелей у вузлах інтерполяції (базові часові відмітки).

Похибку параболічної інтерполяції (оптимальне зміщення) оцінюємо за допомогою залишкового члену ряду, який можна записати наступним чином:

$$f(t) - P_n(t) = \frac{f^{(n+1)}(\varepsilon)}{(n+1)!} (t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_n) \quad (5)$$

де,  $\varepsilon$  – точка що належить інтервалу на якому розміщені вузли інтерполяції.

Якщо точка знаходиться **УСЕРЕДИНІ ОБЛАСТІ ПОШУКУ**, то процес рішення оптимізаційної задачі завершується, тобто точка представляє собою наближене рішення даної задачі. Для кожної із змінних ця помилка визначається виразом:

$$\Delta x_i = (x_{i \min}, x_{i \max})/N \quad (6)$$

де,  $x_{(i \min)}$ ,  $x_{(i \max)}$  – від'ємне та додатне (як правило різні) відхилення положення СП від оптимального;

$N$  – кількість вузлів ґратки фотоелемента

Отже, загальний алгоритм оптимального позиціонування СЕС передбачає (рис. 3) :

- 1) розрахунок базового значення;
- 2) відновлення збереженої статистичної інформації;
- 3) розрахунок поточного положення;
- 4) корегування поточного положення з врахуванням похибки позиціонування.

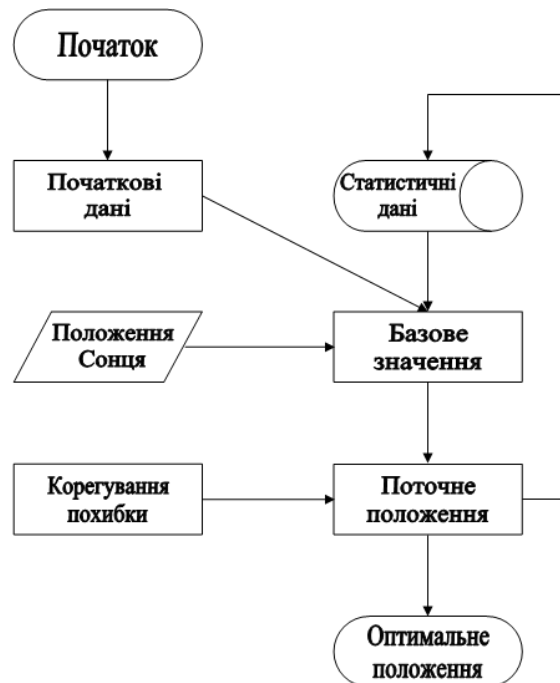


Рис. 3 – Алгоритм позиціонування СП

В більшості випадків точкових оцінок недостатньо і необхідно розраховувати у якому околі знаходиться точне значення параметра [4]. Для цього будуємо довірчі інтервали що базуються на заданій

вибірці: тобто на інформації про переміщення пристрою в попередні періоди. За їх може бути розроблений алгоритм побудови оцінок.

Для покращення якості та швидкості розрахунків виконуємо нормалізування – перетворюємо вхідні дані до діапазону  $[-1,1]$ . Перерахунок значення ознаки  $x$  для  $i$ -го прикладу вибірки в інтервал  $[a, b]$ :

$$x'_i = \frac{(x_i - x_{\min})(b-a)}{(x_{\max} - x_{\min})} + a \quad (7)$$

де,  $x_{\min}, x_{\max}$  – мінімальне та максимальне вибіркові значення ознаки.

Інший варіант, це можливість застосування прямих методів оптимізації.

### Висновки

Розроблений пристрій дозволяє розраховувати сонячну інсоляцію у будь-який день року та доби, у відповідності до географічних положень СЕС, висоти розміщення відносно рівня моря, та рельєфу місцевості. Використовуваний апаратно-математичний функціонал дозволяє оптимально розміщати фотоприймачі як при умові сонячного освітлення щоб зберігати прямий і найефективніший кут падіння сонячних променів на їх поверхню; так і при розсіяному, дифузному чи відбитому освітленні.

Для запобігання пошкодження пристрої при несприятливих умовах існують "чергові режими". По закінченню такого режиму, а також на початку "світлової доби" – тобто при наявності достатнього рівня освітленості, система переводиться в оптимальне положення.

Комбінований метод керування кутом нахилу сонячних панелей дозволяє оптимально розміщувати їх якщо освітленість відсутня, або дуже низька, або при "неправильному" куті повороту (після "чергового режиму", чи технологічних операціях).

Завдяки накопиченню інформації про зміну положення панелей, СКП доступна функція самонавчання, що дозволяє корегувати положення СП в залежності від ряду факторів: спрацювання механізму, похибки, тощо.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Frolova T. Analysis of a Solar Simulator Based on the Electrodeless Sulfur Lamp for Photovoltaic Devices // T. Frolova, A. Frolov / Telecommunications 68 and Radio Engineering, № 77 (6), – 2018. – P. 525-539. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i6.50

2. Семенюк А. М. Розрахунок кута повороту та нахилу площини сонячних панелей, Наукові дослідження молоді з проблем європейської інтеграції: збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2023., с. 299-301

3. Сонячний калькулятор, [Електронний ресурс] – URL: <http://wdc.org.ua/uk/сервіси/sun-calculator>

4. Iterated Local Search [Електронний ресурс] – URL: <https://www.metaheuristics.org/index.php%3Fmain=3&sub=33.html>

*Семенюк Андрій Михайлович* — студент групи КН-21-Б2, Факультет інформаційних і прикладних технологій, Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, e-mail: sam12122003@gmail.com

*Semeniuk Andriy M.* — student of KN-21-B2, Faculty of Information and Applied Technologies, Vasyl' Stus Donetsk National University, email : sam12122003@gmail.com