

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-519-8-5>

## THE USE OF PARALLEL STRUCTURE MECHANISMS TO ENSURE EFFICIENT SOLAR ENERGY GENERATION

### ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ

**Lysenko O. V.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Mechanical Engineering,  
Mechatronics and Robotics  
Central Ukrainian National Technical  
University  
Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Лисенко О. В.**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри машинобудування,  
мехатроніки і робототехніки  
Центральноукраїнський національний  
технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

**Valiavskiy I. A.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor at the Department  
of Mechanical Engineering,  
Mechatronics and Robotics  
Central Ukrainian National Technical  
University  
Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Валявський І. А.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри машинобудування,  
мехатроніки і робототехніки  
Центральноукраїнський національний  
технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

**Skibinskyi O. I.**

*Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of Mechanical Engineering,  
Mechatronics and Robotics  
Central Ukrainian National Technical  
University  
Kropyvnytskyi, Ukraine*

**Скібінський О. І.**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри машинобудування,  
мехатроніки і робототехніки  
Центральноукраїнський національний  
технічний університет  
м. Кропивницький, Україна*

Бурхливий розвиток людської цивілізації привів до вибухового зростання енергогенерації за рахунок спалювання викопних корисних копалин (газ, нафта, вугілля та ін.), що супроводжується викидом в атмосферу вуглецевого газу CO<sub>2</sub>. За даними деяких досліджень на сьогодні спостерігається максимальний рівень концентрації вуглецевого газу за останній майже мільйон років. Через парниковий ефект вуглецевого газу відбуваються глобальні кліматичні зміни

в планетарному масштабі, що породжують наслідки катастрофічного характеру.

Ухвалені міжнародні Кіотський протокол (1997 р.) та Паризька кліматична угода (2015 р.) обмежують країнам обсяги викидів парникових газів у повітря та стимулюють розвиток енергетики на основі відновлювальних джерел – сонячної енергії, енергії вітру, припливних хвиль, біопалива та ін. Провідним серед яких є сонячні панелі, що є основою сонячних електростанцій від невеликих приватних до таких, як Нікопольська СЕС (потужність 250 МВт, 0,75 млн. панелей), найбільша в Україні та Witznitz у Саксонії поблизу Лейпцига (потужність 650 МВт, 1,1 млн. панелей), найбільша у Європі.

Максимальна ефективність роботи сонячних панелей забезпечується суворо перпендикулярним розташуванням їх поверхонь до спадаючих сонячних променів. Відхилення від перпендикулярності кута падіння променів до поверхонь генеруючих панелей негативно відбивається на ККД їх роботи [1].

Таблиця 1

**Залежність ефективності енергогенерації сонячних панелей  
від кута падіння променів**

Кут падіння сонячних променів	Відсоток втрат ККД
81°	– 1,2%
72°	– 4,9%
50°	– 19%
45°	– 29%

Відхилення від перпендикулярності кута падіння променя на сонячну панель у 18° (90°–72°), дають втрати всього до 5 %. не так й багато, але якщо масштабувати це на всі генеруючі сонячні панелі, втрати в абсолютних величинах генерації набувають значних масштабів.

Зазвичай, сонячні панелі при монтажі орієнтують на південну сторону, з незначними відхиленнями по азимуту. Серед існуючих конструкцій є варіанти монтажу як з фіксованим, так і зі змінним кутом нахилу. Продуктивність генерації енергії сонячними панелями, в залежності від монтажу наведена в табл. 2 [2].

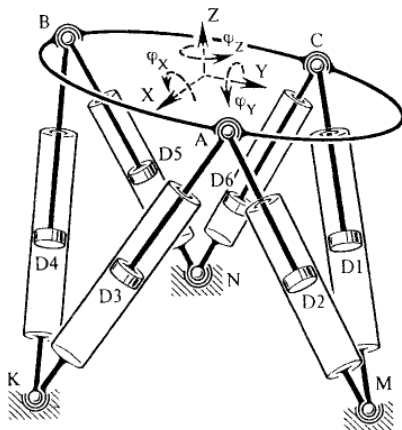
Таблиця 2

**Продуктивність енергогенерації сонячної панелі**

Продуктивність системи	Фіксована конструкція	Регулювання 2 рази на рік	Регулювання 4 рази на рік	2-осьовий трекер
% від оптимального	71,1 %	75,2 %	75,7 %	100 %

Як свідчать дані табл. 2, максимальну ефективність продуктивності енергогенерації сонячних панелей забезпечують системи, що необмежено регулюють їх положення за всіма координатами. Для регулювання кута нахилу сонячних панелей пропонується використовувати механізми паралельної структури [3]. Розглянемо одну з класичних схем механізму паралельної структури – шестикоординатний механізм паралельної структури («гексапод») (рис. 1).

Механізм є системою двох елементів: рухомого виконавчого органу та нерухомого стаціонарного блоку, з'єднаних між собою кінематичними ланками змінної довжини. Задане положення виконавчого органу в просторі реалізується шляхом координатного управління кожним конкретним приводом відповідної кінематичної ланки.

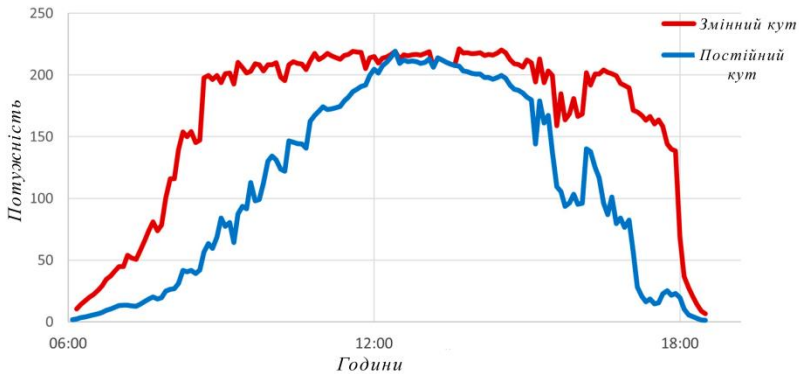


**Рис. 1. Шестикоординатний механізм паралельної структури**

Використовуючи в якості виконавчих органів сонячні панелі, можна повертати їх в будь-який бік на будь-який кут, автоматично «відслідковуючи» положення сонця.

Теоретичні дослідження з урахуванням різних статистичних даних [4, 5] показують, що сонячний трекер на основі механізму паралельної структури може генерувати на 30 відсотків більше енергії (рис. 2) у порівнянні з системами, що мають постійний кут встановлення панелей і не можуть його змінювати в автоматичному режимі.

Запропонований метод керування положенням сонячної панелі дає можливість швидко змінювати її положення в залежності від розташування сонця на небосхилі. Механізм паралельної структури побудований на основі просторової ферми, що забезпечує високу жорсткість та дозволяє встановлення панелей значних розмірів і мас.



**Рис. 2.** Зміна потужності генерації сонячної енергії протягом дня

Використання механізму паралельної структури типу «гексапод» для керування кутом нахилу сонячної панелі, забезпечить постійність положення її робочої поверхні перпендикулярно сонячним променям.

Реалізація запропонованої методики керування положенням панелей сонячних станцій дозволить підвищити ефективність їх енергогенерації до 30 %.

#### Література:

1. Як правильно встановити сонячні панелі. URL: <https://axiomplus.com.ua/news/ustanovka-solnechnyh-panelej/>
2. Встановлення сонячних батарей. Варіанти конструкцій під монтаж сонячних батарей. URL: [https://mysolarenergyua.blogspot.com/2017/03/blog-post\\_30.html](https://mysolarenergyua.blogspot.com/2017/03/blog-post_30.html)
3. Валявський І. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: навчальний посібник / І. А. Валявський, О. В. Лисенко, І.А. Лисенко ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 281 с.
4. Кут нахилу сонячних батарей та його вплив на техніко-економічні показники експлуатації сонячної електростанції. URL: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/Енергетична-ефективність-1.pdf>
5. Controller Design for Parallel Mechanism Solar Tracker. URL: <https://www.mdpi.com/2075-1702/11/3/372>