

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВСТОСУВАННЯ ТРЕКЕРНИХ СИСТЕМ

<sup>1,2</sup> Вінницький національний технічний університет

***Анотація** Розглянуто питання ефективності встановлення трекерних систем на СЕС, їх практичність для спрощення відповідності графіку генерування, узгодженого з ОЕС. Показано можливість, важливість і актуальність використання рухомих фотоелектричних панелей для генерації електроенергії.*

***Ключові слова:** трекер, сонячне випромінювання, фотоелектрична панель*

***Abstract** Considered the questions of the effectiveness of establishing trackers on the solar power station?, their practicality to ensure the matching of the generation schedule agreed with the UPS. The possibility, importance and urgency of the use of mobile photovoltaic panels for power generation are shown*

**Keywords:** tracker, solar radiation, photoelectric panel

### Вступ

Переважна більшість фотоелектричних панелей встановлюється на нерухому опору та орієнтується рівно на південь. Таке встановлення найбільш надійне, має мінімальну вартість та прискорює монтаж. Але Сонце не знаходиться постійно в одній точці [2].

Сонце рухається по дузі зі сходу на захід. Крім того влітку Сонце має значно більш високу траєкторію, ніж взимку. Очевидно, що при зміні кута між сонячними променями і площиною фотоелектричної панелі змінюватиметься і кількість сонячної енергії, що потрапляє на модуль з фотоелементами. Відповідно та очевидно, кількість виробленої електроенергії буде змінюватись протягом доби та при зміні пори року. Внаслідок такого коливання інтенсивності сонячного випромінювання при русі Сонця нерухома фотоелектрична панель отримує від 40 до 70% світла від максимально можливого [1].

### Трекерні системи стеження за кутом нахилу сонячних променів

Сонячний трекер - це електромеханічний пристрій, що відслідковує переміщення Сонця на небосхилі та повертає фотоелектричну панель на потрібний кут вслід за його рухом. Джерелом живлення для роботи трекера є сама панель, тому він є повністю автономним.

За конструкцією сонячний трекер не є складним - пара фотоелементів, що мають кут між собою в 90 градусів, видають однаковий рівень напруги лише за умовою, якщо Сонце знаходиться на бісектрисі цього кута. При різниці освітленості, електронний пристрій дає команду електродвигуну рухати панель поки рівні сигналів від датчиків не стануть однаковими [3].

Трекери для сонячних панелей бувають декількох видів, керуються різними алгоритмами при виборі напрямку, мають різні приводні механізми.

Виділяють два основних типи динамічних систем стеження – одновісні і двовісні.

одновісні – протягом дня трекер автоматично може змінювати кут в горизонтальній площині. Сонячна станція рухається по траєкторії «Схід-Захід» і може збільшувати свою продуктивність на 15-20% у порівнянні зі статичною системою – двовісний – трекер рухається і в горизонтальній, і у вертикальній площині, тобто повертається за сонцем для максимальної енергоефективності. На відміну від статичної системи, протягом року може збільшити продуктивність на 35-50%

Дані про сонячне випромінювання зазвичай даються в формі глобального випромінювання на горизонтальній поверхні, а фотоелектричні панелі зазвичай розташовані під кутом до горизонтальної площини; отже, підведення енергії до фотоелектричної системи повинне бути розрахованим відповідним чином. Розрахунок відбувається в три етапи. На першому етапі дані із сайту використовуються для визначення дифузного і променевого компонентів глобального опромінення в горизонтальній площині. Це здійснюється з використанням позаземного добового опромінення,  $B_0$ , як еталон, і розрахунку відношення  $K_T = G / B_0$ , відомого як індекс чіткості [4].

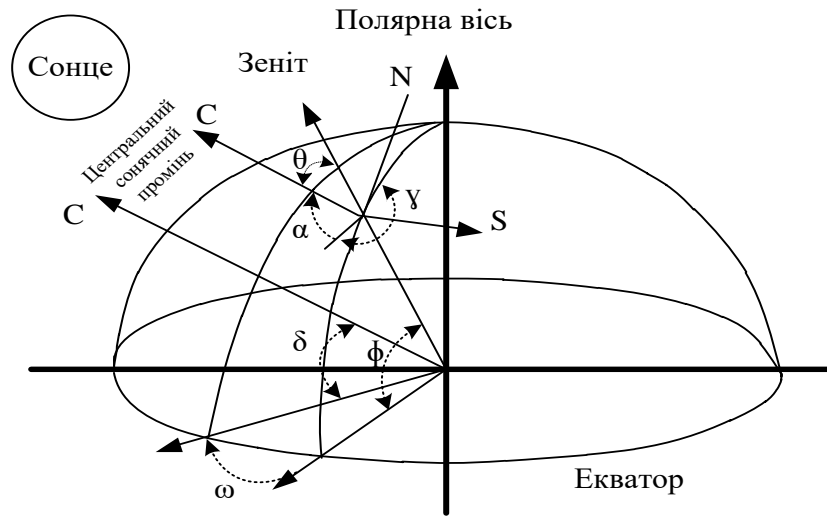


Рисунок 1. - Схематичне зображення сонячних кутів [2].

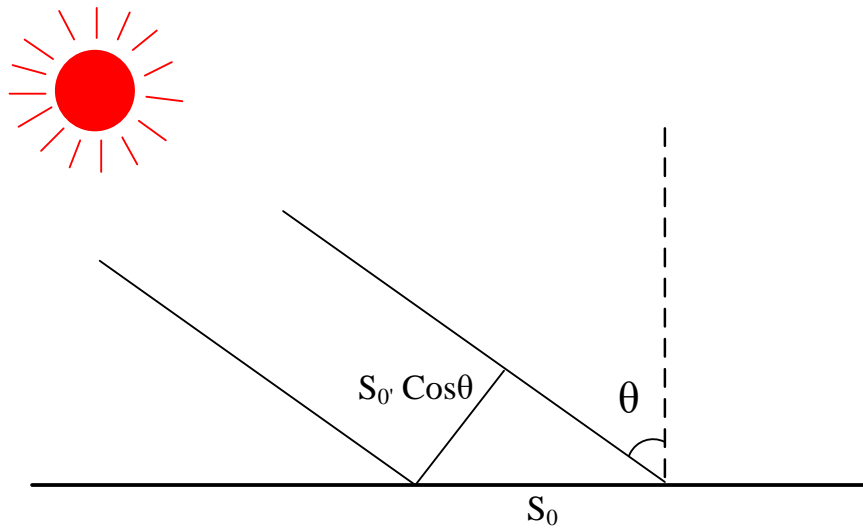


Рисунок 2. Кут падіння сонячного випромінювання [5]

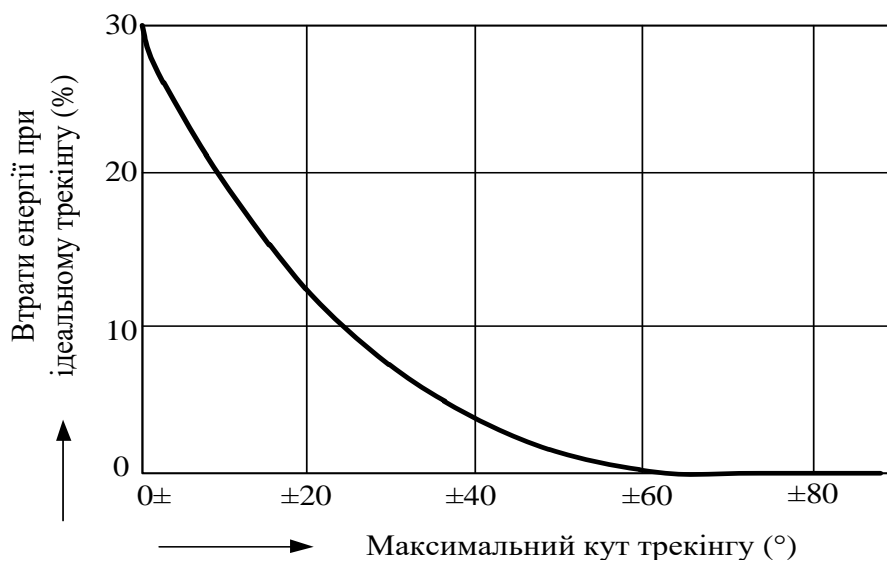


Рис 3. Енергія що втрачається в залежності від максимального кута відстеження в порівнянні з ідеальним відстеженням [5].

Сонце рухається по небу вдень. У разі нерухомих сонячних фотоелектричних панелей проекція площі панелі на площину, перпендикулярна напрямку випромінювання, визначається функцією косинуса кута падіння (рис. 2). Чим вище кут падіння  $\Theta$ , тим менше потужність.

На третьому етапі відповідна кутова залежність кожного компонента використовується для визначення дифузного і променевого опромінення на похилій поверхні. З урахуванням відбивної здатності навколишньої області також може бути визначено альbedo. Загальна добова кількість опромінення на похилій поверхні потім виходить шляхом додавання трьох компонентів [5].

Теоретичний розрахунок виробленої енергії в разі використання трекерів здійснюється виходячи з припущення, що максимальна інтенсивність випромінювання  $I = 1100 \text{ Вт / м}^2$  падає на область, орієнтовану перпендикулярно напрямку випромінювання. Якщо взяти тривалість дня  $t = 12 \text{ год} = 43200 \text{ с}$ , то інтенсивність панелі з трекером, яка завжди оптимально орієнтована щодо сонця, порівнюється з інтенсивністю стаціонарної панелі, яка орієнтована перпендикулярно напрямку випромінювання тільки в полудень.

Порівнюючи данні для двох випадків, дійдем до висновку, що на 57% більше енергії розраховується для панелі з трекером. Таку кількість енергії можна отримати, наприклад, на поверхні Місяця, так як сонячні промені, що досягають поверхні землі, проходять через товстий шар атмосфери. Оскільки ми відхилилися від полудня, сонячна інсоляція на поверхні слабшає [6].

#### Економічний аспект встановлення трекерних систем на СЕС

Виходячи з написаного, можна зробити висновок що сонячні трекери вигідні в першу чергу для сонячних електростанцій, які розташовані в місцях з не високою штормовою активністю.

В умовах сьогоденного ринку, вартість СЕС встановленою потужністю 15кВт, складає приблизно 15 тис. дол. Проібуток від продажу електроенергії складатиме 2,5 тис. дол., виходячи з цих даних термін окупності:

$$T = K \div P_p = 15000 \div 2500 = 6(\text{р.})$$

Чистий заробіток  $Z$  до кінця дії зеленого тарифу (2030):

$$Z = (11-6) \cdot 2500 = 12500(\text{дол.})$$

Капіталовкладення  $K$  в таку ж СЕС встановлену на трекері складають 21 тис. дол., При цьому щорічний прибуток від продажу електроенергії складає 3,6 тис. дол., термін окупності  $T$  складає:

$$T = K \div P_p = 21000 \div 3600 = 5,7(\text{р.})$$

При невеликій різниці в терміні окупності наведених варіантів, слід розглянути чистий заробіток СЕС встановленій на трекері до кінця дії Зеленого тарифу [7].

$$Z = (11-5,7) \cdot 3600 = 19100(\text{дол.})$$

Варто враховувати, що СЕС встановлена на трекері, потужністю 15 кВт, генеруватиме електроенергії стільки ж, як і стаціонарна СЕС потужністю 21 кВт. Тому важливою деталлю є й те, що для підключення Зеленого тарифу, необхідно збільшувати потужність дозволена для домогосподарства/підприємства, до потужності СЕС. А це мінімум 3000 гривень за 1 кВт. Для комерційних станцій буде відчутним зменшення плати за приєднання через встановлену потужність. Тут різниця може сягати мільйонів гривень [8].

Перелік скорочень

СЕС – Сонячна електростанція;

ОЕС – Об'єднана енергетична система;

UPS – United power system

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. California Institute of Technology. Basic research needs for solar energy utilization. Report of the basic energy sciences workshop on solar energy utilization; April 18–21, 2005.
2. Markvart T. Solar electricity, 2nd ed., New York: John Wiley and Sons Inc.; 1996.
3. Tracstar. Should you install a solar tracker?; 2007. <http://www.helmholz.us/smallpowersystems/>.
4. Bione J, Vilela OC, Fraidenraich N. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. Solar Energy 2004;76:703–11.
5. Бойко І. В. Мікропроцесори та мікроконтролери/ В. І. Бойко та ін. – К.: Вицашк., 2004. – 399 с.

6. Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті», Кудря С.О., Резцов В.С., Київ -2016.
7. Інтернет-ресурс <https://solarsystem.com.ua>
8. Інтернет-ресурс <https://rent techno.ua>

**Юлія Володимирівна Малогулко** — к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [Juliya\\_Malogulko@ukr.net](mailto:Juliya_Malogulko@ukr.net).

**Владислав Анатолійович Гриник** — студент гр. ЕС-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kurtcobain14.04.1997@gmail.com](mailto:kurtcobain14.04.1997@gmail.com).

**Juliya V. Malogulko** — Ph.D., Associate Professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [Juliya\\_Malogulko@ukr.net](mailto:Juliya_Malogulko@ukr.net).

**Vladyslav A . Hrynyk** —student of ES-18m group, department of electromechanics and electricity, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [kurtcobain14.04.1997@gmail.com](mailto:kurtcobain14.04.1997@gmail.com)