**Фотоелектрична система зі стеженням**

**за точкою максимальної потужності**

**PHOTOVOLTAIC SYSTEM WITH MAXIMUM POWER POINT TRACKING**

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор кафедри
теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики
Денисова Алла Євсіївна

Бакалавр Дербеньов Ілля Сергійович

Supervisor: Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of
Theoretical General and Nonconventional Power Engineering
Denysova Alla

Bachelor Derbenov Illia

**Анотація:** Розглянуто способи підвищення ефективності фотоелектричних систем шляхом впровадження технології стеження за точкою максимальної потужності (MPPT), сонячних трекерів та двосторонніх панелей. Зазначено, що MPPT-контролери можуть забезпечити зростання ефективності на 30–40% і мають переваги в умовах автономних та гібридних систем. Проаналізовано обмеження трекерів (висока вартість і обслуговування), а також переваги й недоліки двосторонніх панелей. Підкреслено важливість терморегулювання та очищення панелей для запобігання зниженню продуктивності. Розглянуто перспективу комбінування MPPT із трекерами як найбільш ефективного рішення. Згадується можливість підвищення ефективності за допомогою лінз Френеля за сприятливих погодних умов.

**Ключові слова:** фотоелектричні системи, сонячний трекер, двосторонні панелі, енергоефективність, лінза Френеля, термоуправління, відновлювана енергія.

**Annotation:** Investigated ways to improve the efficiency of photovoltaic (PV) systems by implementing maximum power point tracking (MPPT) technology, solar trackers, and bifacial panels. It is noted that MPPT controllers can increase efficiency by 30–40% and are particularly beneficial for autonomous and hybrid systems. The limitations of solar trackers (high cost and maintenance) and the advantages and drawbacks of bifacial panels are analyzed. The importance of thermal regulation and regular panel cleaning is emphasized to prevent performance losses. The combination of MPPT and solar trackers is considered the most efficient solution. The potential use of Fresnel lenses to further enhance efficiency under clear weather conditions is also discussed.

**Keywords:** photovoltaic systems, solar tracker, bifacial panels, energy efficiency, Fresnel lens, thermal management, renewable energy.

В умовах зростання попиту на альтернативні джерела енергії, важливими напрямками підвищення ефективності СЕС є використання сонячних трекерів, двосторонніх панелей та технології стеження за точкою максимальної потужності (MPPT). Технологія MPPT є важливим елементом для підвищення ефективності сонячних панелей. Застосування MPPT-контролерів дозволяє досягти 30-40% збільшення ефективності зарядки акумуляторів, що робить їх незамінними для автономних і гібридних СЕС [1].

Використання трекерів хоча й забезпечує значне підвищення ефективності 40-70%, однак супроводжується високими витратами на обслуговування та ризиками механічних поломок. Водночас, двосторонні панелі здатні ефективно використовувати відбите світло, збільшуючи ефективність на 20-30%, але потребують спеціального проектування і можуть мати складності в обслуговуванні. Через цю низку факторів віддається перевага технології слідкування за точкою максимальної напруги.

Попри їх вищу вартість, MPPT-контролери забезпечують оптимальне використання енергії сонця. Для максимізації ефективності важливо також забезпечити належне охолодження фотомодулів та контролерів, оскільки їх перегрів може знижувати ефективність ФЕП.

Потенційна комбінація сонячних трекерів і двосторонніх панелей виглядає перспективною, оскільки поєднує переваги обох технологій – використання відбитого світла та орієнтацію на сонце. Проте така система вимагає розробки складної механічної конструкції та спеціальних умов для високого альбедо. Альтернативно, поєднання MPPT-технології з трекерами може забезпечити оптимальну ефективність за менш складної конструкції і без необхідності спеціальних умов на місцевості.

Перегрів сонячних панелей і контролерів є суттєвим фактором, що знижує ефективність СЕС, досягаючи 10-15% [2]. Тому важливо забезпечити відповідний тепловий менеджмент, включаючи активне охолодження або природну вентиляцію. Крім того, забруднення панелей значно знижує їх продуктивність, і тому регулярне очищення є важливим для підтримки високої ефективності системи. Для великих СЕС варто застосовувати автоматизовані системи очищення.

Лінзи Френеля можуть збільшити ефективність роботи ФЕП з MPPT на 16-17% за умови відсутності факторів, що знижують інтенсивність сонячного випромінювання [3]. Проте їх ефективність значно зменшується у випадку змінної хмарності, тому їх використання є доцільним лише за ясної погоди, або при використанні трекерів для орієнтації панелей, що свідчить про більш доречне поєднання технологій MPPT та трекерів, аніж трекерів і двосторонніх панелей.

**Список літератури**

1. Al-Jumaili, M.H., Haglan, M.H., Mohammed, M.K. An Automatic Multi-Axis Solar Tracking System in Ramadi City Design and Implementation. DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v19.i3.pp1126-1234>

2. Katche, M.L., Makokha, A.B., Zachary, S.O., Adaramola, M.S. A Comprehensive Review of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Techniques Used in Solar PV Systems. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16052206>

3.Advantages of Fresnel Lenses. <https://www.edmundoptics.com/> (дата звернення: 05.12.2025).