

УДК 621.311.243

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

Тимофєєв В. В.¹, студ., Юрченко Є. Л.², канд. техн. наук, доц.
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Українського державного університету науки і технологій
¹vovatim@gmail.com, ²yel@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Останніми роками використання сонячних панелей для виробництва електроенергії стрімко зростає, що зумовлено необхідністю переходу на відновлювані джерела енергії. Однак ефективність фотоелектричних модулів значною мірою залежить від їхнього технічного стану та зовнішніх факторів, серед яких значну роль відіграє забруднення поверхні пилом та іншими частинками. Дослідження показують, що навіть незначний шар пилу може зменшити продуктивність панелей на 20–30 % [1]. Традиційні методи моніторингу стану сонячних панелей, такі як візуальний огляд або ручні вимірювання, є малоефективними для великих фотоелектричних станцій. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу та аналізу стану панелей є сучасним напрямком досліджень, що дозволяє підвищити ефективність сонячних електростанцій та оптимізувати витрати на їх обслуговування.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз впливу забруднення сонячних панелей на їхню ефективність та розробка методів моніторингу стану панелей із застосуванням безпілотних літальних апаратів.

Результати дослідження. Безпілотні літальні апарати, оснащені тепловізійними та оптичними камерами, здатні здійснювати швидкий і точний аналіз стану сонячних панелей. Візуальні датчики дозволяють оцінити рівень забруднення поверхні, а тепловізори виявляють аномалії температурного режиму, що може свідчити про наявність пошкоджень або неефективну роботу модулів. Аналіз досліджень показує, що рівень забруднення сонячних панелей суттєво впливає на їхню продуктивність. «Накопичення пилу, органічних та неорганічних частинок може призвести до втрати до 30% енергії, що є значним викликом для сонячної енергетики» [2]. Одним із перспективних методів моніторингу є застосування БПЛА, додатково оснащених тепловізійними камерами. Це дозволяє швидко ідентифікувати забруднені або пошкоджені ділянки без необхідності ручного огляду.

Під час експериментальних випробувань було встановлено, що «тепловізійні» камери, встановлені на БПЛА, можуть ефективно виявляти локальні перегріву, які є ознаками дефектів або неефективної роботи панелей [3]. Крім того, спектральний аналіз дозволяє розрізняти типи забруднень (пил, органічні залишки, сажа тощо), що дає змогу обирати оптимальні методи очищення. Тепловізійні знімки дозволили ідентифікувати мікротріщини («snail trails») та ділянки з пиловим забрудненням, які призводять до нерівномірного нагріву. Наприклад, панель з температурою 50,5 °C мала на 15–20 % нижчу продуктивність порівняно з нормальними панелями.

Основними викликами при використанні БПЛА є необхідність обробки великої кількості отриманих даних, інтеграція з автоматизованими системами управління електростанціями та розробка ефективних алгоритмів для аналізу зображень. Попри це, перспективи розвитку даного напрямку залишаються значними, особливо з огляду на зростання потужностей сонячної енергетики у світі.

Окрім моніторингу, розглянута можливість використання БПЛА для очищення сонячних панелей, що потенційно може зменшити експлуатаційні витрати та підвищити довговічність обладнання. «Автоматизовані системи очищення, які поєднують БПЛА та спеціальні алгоритми розпізнавання забруднень, можуть зменшити необхідність у ручному

втручанні та знизити витрати на технічне обслуговування» [4]. Розробка таких технологій сприяє підвищенню енергоефективності сонячних електростанцій та їх рентабельності.

Висновки. Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу забруднення сонячних панелей є перспективним напрямком, що дозволяє значно підвищити ефективність експлуатації фотоелектричних систем. Автоматизований контроль стану панелей за допомогою БПЛА та спектрального аналізу дозволяє оперативно виявляти забруднення та пошкодження, оптимізуючи процеси обслуговування. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення методів обробки даних та розширення функціональних можливостей БПЛА для автоматизованого контролю стану сонячних панелей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Smith J., Johnson M. Effect of Dust on Solar Panel Performance. *Renewable Energy Journal*. 2023.
2. Lee R., Kim S. Advancements in UAV-based Inspection of Photovoltaic Systems. *Energy Reports*. 2024.
3. Ahmad Z., Patel D. Machine Learning Approaches for Solar Panel Monitoring. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. 2022.
4. Wang T., Liu Y. Spectral Imaging Techniques for Solar Panel Maintenance. *Journal of Photovoltaic Technology*. 2023.