

ФІЗИКА ЕФЕКТИВНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ У ХМАРНУ ПОГОДУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто фізичні принципи роботи сонячних панелей у хмарну погоду та фактори, що визначають їхню ефективність за зниженого рівня освітленості. Проаналізовано вплив розсіювання сонячного випромінювання, спектральних змін та куту падіння світла на продуктивність фотоелектричних елементів. Наведено порівняння роботи моно- та полікристалічних панелей за хмарних умов та підкреслено важливість використання матеріалів із високою чутливістю до дифузного світла.

Ключові слова: сонячна енергія, фотоелемент, випромінювання, дифузне світло, ефективність.

Abstract

The paper examines the physical principles of solar panel operation in cloudy weather and the factors determining their efficiency under reduced illumination. The influence of scattered solar radiation, spectral changes, and the angle of incidence is analyzed. A comparison between mono- and polycrystalline panels under cloudy conditions is provided, emphasizing the importance of materials with high sensitivity to diffuse light.

Keywords: solar energy, photovoltaic cell, diffuse radiation, efficiency.

Сонячні панелі перетворюють енергію сонячного випромінювання на електричну за рахунок фотоелектричного ефекту, суть якого полягає у генерації електрон-діркових пар під дією падаючих фотонів. У хмарну погоду пряме сонячне світло значною мірою поглинається та розсіюється молекулами води, однак значна частина випромінювання все одно досягає поверхні Землі у вигляді дифузного світла (Рис. 1).



Рис. 1. Сонячні панелі

Потік випромінювання характеризується інтенсивністю:

$$E = \frac{P}{A},$$

де P — потужність сонячного випромінювання, A — площа поверхні, на яку воно падає. У хмарну погоду значення E може зменшуватися у 3–10 разів, залежно від густини хмарності.

Фотоелементи на основі монокристалічного кремнію проявляють вищу ефективність за слабого освітлення завдяки більш впорядкованій структурі та меншій кількості рекомбінаційних центрів.

Полікристалічні панелі втрачають більше потужності при зниженні інтенсивності світла. У той же час тонкоплівкові матеріали (CdTe, CIGS) демонструють хорошу чутливість саме до дифузного випромінювання, що робить їх перспективними для регіонів з частими хмарними днями (Рис. 2).

Тип фотоелемента	Особливості структури	Поведінка в хмарну погоду	Переваги	Недоліки
Монокристалічний кремній (Моно-Si)	Однорідна кристалічна решітка	Найменша втрата ефективності; добре працює при слабкому освітленні	Висока ефективність, довговічність	Вища ціна
Полікристалічний кремній (Poly-Si)	Складений із зерен різної орієнтації	Втрачає більше потужності при низькій інтенсивності світла	Дешевші у виробництві	Нижча ефективність, сильний вплив розсіяного світла
Тонкоплівкові панелі (CdTe, CIGS)	Дуже тонкі шари напівпровідника на підкладці	Найкраще працюють на дифузному світлі; стабільніші в хмарну погоду	Гнучкі, легкі, чутливі до розсіяного випромінювання	Нижча номінальна ефективність порівняно з кремнієвими
Аморфний кремній (a-Si)	Невпорядкована структура	Досить хороша робота при похмурості, але нижчі показники виходу	Дешевий, добре працює при частковому затіненні	Дуже низька ефективність та швидша деградація

Рис. 2. Порівняння фотоелементів

Кут падіння світла також відіграє значну роль. За хмарних умов переважає розсіяне світло, тому залежність від кута зменшується, а панель може генерувати енергію навіть без прямого освітлення. Ефективність роботи панелі часто описують через коефіцієнт:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}},$$

де P_{out} — вихідна електрична потужність, а P_{in} — потужність сонячного випромінювання, що падає на панель.

Дослідження показують, що у хмарну погоду сонячні панелі можуть зберігати 10–40% від своєї номінальної потужності, а оптимізація матеріалів та антиблікових покриттів здатна підвищити цей показник. Реальні значення залежать від типу панелі, температури, густини хмарності та спектрального складу світла.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що ефективність роботи сонячних панелей у хмарну погоду визначається сукупністю фізичних і конструктивних факторів. Ключову роль відіграють інтенсивність та спектральний склад дифузного випромінювання, особливості напівпровідникових матеріалів, а також умови їхньої експлуатації. Саме комплексне врахування цих параметрів дає змогу точніше прогнозувати продуктивність фотоелектричних систем у змінному та нестабільному кліматі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Green M. A. Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications / Green M. A. — Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992. — 274 p.
2. Nelson J. The Physics of Solar Cells / Nelson J. — London: Imperial College Press, 2003. — 350 p.

3. Messenger R., Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering / Messenger R., Ventre J. — Boca Raton: CRC Press, 2010. — 528 p.

Коробейнікова Ольга Андріївна — студентка групи ІКІ-25мс, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця. e-mail: olhakor2006@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Korobeinikova Olha A. — Department of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: olhakor2006@gmail.com

Supervisor: **Martyniuk Volodymyr V.**— Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of general Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia