

УДК 621.311.243:628.511

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ

Юр'єв А. В., Ключник І. І., Зіненко М. С., Ключник І. І.

e-mail: andrii.iuriev@nure.ua ; ihor.kliuchnyk1@nure.ua;

mykola.zinenko@nure.ua; ihor.kliuchnyk@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.ПЕЕА
м. Харків, Україна

This article examines the impact of pollution on the efficiency of solar panels. As part of the study, an experiment was conducted to determine the dependence of the reduction in the characteristics of photovoltaic modules on the level of pollution of their surface. Using approximation methods, parameters characterizing the material deposited on the panels were calculated. As a result of the analysis of the data obtained, an empirical formula was derived to predict degree of reduction in the productivity of solar panels from the degree of pollution.

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), потужність сонячних електростанцій у світі зростає з близько 100 ГВт на 2012 рік до понад 1100 ГВт на 2023 рік. За прогнозами IRENA потужність сонячних електростанцій до 2050 року сягатиме 8519 ГВт, забезпечуючи приблизно 25% світового виробництва електроенергії [1]. Але на ефективність роботи сонячних батарей, як і вимірювальних піроелектричних перетворювачів [2] істотно впливає їх забруднення.

На території України одними з найпоширеніших матеріалів, видобуток чи виготовлення яких супроводжується суттєвим пиловим забрудненням, є крейда, цемент та глина. Для дослідження впливу забруднення на ефективність роботи сонячних панелей проведено експеримент, під час якого створювалося штучне забруднення цими матеріалами. Забрудненість оцінювалась як щільність матеріалу на сонячній панелі в г/м². Для експерименту були обрані такі значення щільності: 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 22; 30; 40.

Основними характеристиками для розрахунку вихідної потужності сонячної панелі є вихідні струм та напруга. Ключовий вплив на ці показники має фотострум, який залежить від кількості світла, що падає на поверхню сонячної панелі. Значення фотоструму можна розрахувати за формулою:

$$I_{ph} = I_{phref} \frac{E_{eff}}{E_0}, \quad (1)$$

де: E_{eff} – поточна освітленість з урахуванням забруднення, Вт/м²;

E_0 – освітленість, що діє на сонячну панель, Вт/м²;

I_{phref} – фотострум при еталонній освітленості, А.

Таким чином значення освітленості з урахуванням забруднення можна оцінити за формулою:

$$E_{eff} = E_0 e^{-km}, \quad (2)$$

де: E_0 – освітленість, що діє на сонячну панель, Вт/м²;

k – коефіцієнт затінення (залежить від матеріалу: для крейди, цементу та глини він буде різним);

m – маса матеріалу на одиницю площі, г/м².

За результатами експериментальних даних, отриманих при дослідженні залежності вихідної потужності сонячної панелі від величини щільності її забруднення, були побудовані апроксимаційні моделі (рис.1). Апроксимація проводилась з використанням таблиць Google Sheets за поліноміальним та експоненціальним наближенням. При практично однакових значеннях коефіцієнтів відповідності R^2 для двох видів отриманих апроксимаційних кривих більш доцільною моделлю для залежності, яка розглядається, є експоненціальна, оскільки її параметром є ступінь, що за фізичним уявленням є коефіцієнтом затінення k у виразі (2).

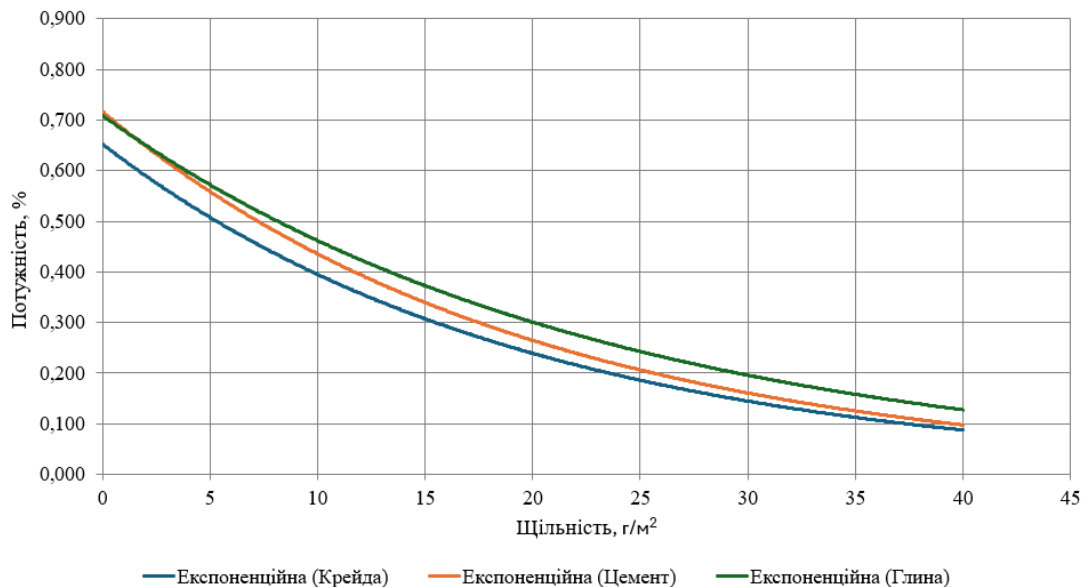


Рисунок 1 – Апроксимаційні залежності зниження потужності від забруднення глиною (верхня), цементом (середня) та крейдою (нижня)

Результатом апроксимацій є функції, за якими можна розрахувати наближенні значення потужності при різних ступенях забруднення.

Апроксимаційна модель залежності потужності від забруднення крейдою:

$$f_k(x) = 0,6524e^{-0,05x}, \quad (3)$$

де: x – значення маси крейди на одиницю площі, г/м².

Апроксимаційна модель залежності потужності від забруднення цементом:

$$f_c(x) = 0,7165e^{-0,05x}, \quad (4)$$

де: x – значення маси цементу на одиницю площі, г/м^2 .

Апроксимаційна модель залежності потужності від забруднення глиною:

$$f_g(x) = 0,7087e^{-0,043x}, \quad (5)$$

де: x – значення маси глини на одиницю площі, г/м^2 .

За результатами експериментів та апроксимації було отримано значення коефіцієнтів затінення k для крейди (0,05), для цементу (0,05) та для глини (0,043). Це значення приблизно збігається з результатами досліджень 2017 року в Індії, в яких значення коефіцієнту k для пилу дорівнювало 0,02 [1].

Користуючись формулою (2) можна запропонувати формулу (6), для оцінки забруднення при сукупній дії декількох типів забруднювачів:

$$E_{eff} = E_0 e^{-(k_1 m_1 + \dots + k_n m_n)}, \quad (6)$$

де: E_0 – освітленість без забруднення, Вт/м^2 ;

E_{eff} – освітленість, що поглинає панель, Вт/м^2 ;

k_i – коефіцієнт затінення відповідного матеріалу;

m_i – маса матеріалу на одиницю площі, г/м^2 ,

n – кількість забруднювачів.

За результатами досліджень знайдені значення коефіцієнтів затінення для декількох забруднюючих матеріалів, що дає можливість оцінювати та прогнозувати зниження потужності сонячних панелей. Це дозволяє розрахувати оптимальну періодичність очищення панелей і таким чином оптимізувати вироблення сонячної енергії.

Список використаних джерел:

1. Large Reductions in Solar Energy Production Due to Dust and Particulate Air Pollution. Mike H. Bergin, Chinmay Ghoroi, Deepa Dixit, James J. Schauer, and Drew T. Shindell. *Environmental Science & Technology Letters*. 2017. Vol 4 (8), P. 339–344. DOI: 10.1021/acs.estlett.7b00197

2. Bondarenko A., Degtiarov O., Klyuchnik I., Kliuchnyk I., Kunchenko G. Measurement uncertainty evaluation at determination of technical characteristics of pyroelectric detector. *XIX International Scientific and Technical Seminar “Uncertainty in Measurement: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects”* (December 7–8, 2022 Sofia), 2022. С. 6–7.