

АПРОКСИМАЦІЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ: ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ МАКСИМІЗАЦІЇ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. Сучасний світ зазнає значних викликів у сфері енергетики, спричинених різними факторами. Серед них основними є постійний ріст попиту на енергію, обмежені запаси традиційних джерел енергії та посилення екологічних вимог. У таких умовах використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної, стає ключовим рішенням для забезпечення енергетичної безпеки, економічного розвитку та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Україна, маючи значний потенціал сонячної енергії, повинна ефективно використовувати цей ресурс для виробництва електроенергії [3].

Актуальність дослідження. Незважаючи на високий інтерес до сонячної енергетики, існують проблеми, які гальмують її широке впровадження. Серед найбільших викликів – воєнні дії на території країни, висока вартість обладнання, що робить його недоступним для багатьох, а також недостатня ефективність виробництва енергії через неоптимальне розташування сонячних панелей та інші фактори, які часто не враховуються під час будівництва сонячних електростанцій через брак досвіду або кваліфікації.

Підвищення ефективності сонячних панелей дасть змогу ефективніше перетворювати сонячну енергію на електричну, що зробить їх більш вигідними та доступними. Для досягнення цього вчені працюють над розробкою нових методів та покращенням наявних пристроїв. Мета полягає в тому, щоб максимально ефективно використовувати потужність сонячних панелей, забезпечуючи оптимальне перетворення сонячної енергії на електричну [1].

Мета дослідження полягає в аналізі можливостей чисельних методів у підвищенні вихідної потужності сонячних панелей.

Виклад основного матеріалу. Основні шляхи підвищення ефективності сонячних панелей включають: 1) використання систем концентрації сонячного випромінювання; 2) застосування систем стеження за Сонцем; 3) використання контролерів МРРТ з різними алгоритмами відстеження точки максимальної потужності (ТМП) сонячних панелей; 4) розробка технологій для виготовлення фотоелектричних модулів, спрямованих на підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) та зменшення терміну їх деградації. Ці методи широко використовуються в сучасному світі і мають свої переваги та недоліки, які можна знайти в літературі.

Оскільки вихідна потужність сонячних модулів залежить від факторів сонячного випромінювання і температури сонячних батарей, вимірювання сонячних модулів здійснюється в стандартних умовах (STC), а стандартні умови визнача-

ються як: якість атмосфери AM1.5, інтенсивність світла 1 000 Вт/м², температура 25 °С.

У цьому дослідженні проаналізуємо вплив температури. Відомо, що сонячні батареї (СБ) перетворюють лише частину сонячної енергії на електрику, а інша частина енергії витрачається на нагрів панелі. Це стається через те, що підвищена температура поряд із сонячною панеллю зменшує ширину забороненої зони напівпровідника, і струм насичення зростає через менший розмір енергії, необхідний для перетворення електронно-діркових пар [2].

Проте під час цього струм короткого замикання слабо збільшується, а напруга холостого ходу зменшується, що знижує вихідну потужність панелі. Вплив температури на вихідну потужність СБ можна описати виразом:

$$P_C = P_0 (1 + \beta \Delta t),$$

де P_C – потужність сонячної батареї, Вт;

P_0 – потужність СБ при 25 °С, Вт;

β – температурний коефіцієнт потужності, °С⁻¹;

Δt – зміна температури, °С.

Температурний коефіцієнт змінює вихідну потужність у межах від –0,2 % до –0,5 % під час зміни на 1 °С. Температурний коефіцієнт потужності β для монокристалічного кремнію дорівнює 0,4 % / °С. Це означає, що вихідна потужність зменшується на 0,4 % за кожного градуса підвищення температури поза робочим діапазоном для СБ.

Існує три способи відведення тепла від нагрітого об'єкта: конвекція, теплопровідність і випромінювання. Так, теплопровідність використовується за наявності різниці температур між об'єктом, наприклад, сонячною батареєю, і іншим об'єктом, включно з повітрям навколо модуля. Здатність сонячної батареї передавати тепло іншому об'єкту характеризується тепловим опором матеріалів, з яких складається сонячна батарея загалом.

Відведення тепла від сонячної батареї здійснюється за допомогою теплопровідності, зокрема за допомогою елементів Пельтьє, які розміщуються з холодного боку зворотної сторони сонячної панелі. Математична модель для сонячного модуля може бути побудована на основі рівнянь. Фотострум сонячного елемента розраховується за формулою:

$$I_{\phi} = (I_{с.н.} + k_i \cdot (T - T_n)) \frac{G}{G_n},$$

де I_{ϕ} – фотострум;

$I_{с.н.}$ – фотострум сонячного елемента за температури 25 °С і освітленості від Сонця $G = 1\,000$ Вт/м²;

k_i – температурний коефіцієнт за струмом, % / °С;

T – температура навколишнього середовища, °С;

T_n – номінальна температура (25 °С);

G – поточна освітленість від Сонця;

G_n – номінальна сонячна освітленість (1 000 Вт/м²).

Формула струму насичення:

$$I_d = I_{д.н.} \left(\frac{T}{T_H}\right)^2 \cdot \exp\left(\frac{q \cdot E_{g0} \cdot \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T}\right)}{n \cdot K}\right),$$

де I_d – струм насичення;

$q = 1,6021 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона;

$E_{g0} = 1,2$ еВ – ширина забороненої зони;

$n = 1,3$ – параметр сумісності з реальними характеристиками сонячних елементів;

K – стала Больцмана ($K = 1,3806503 \cdot 10^{-23}$ Дж / К);

T – температура навколишнього середовища, °С.

Температурний потенціал сонячної батареї розраховується за формулою (V_{tH} , °С):

$$V_{tH} = \frac{N_s + K \cdot T}{R_{ш}},$$

де V_{tH} – температурний потенціал сонячної батареї, °С;

N_s – кількість сонячних елементів, з'єднаних послідовно.

Шунтуючий струм $I_{ш}$:

$$I_{ш} = \frac{U_{mp} + I_{mp} \cdot R_{п}}{R_{ш}},$$

де U_{mp} – напруга при максимальній потужності;

I_{mp} – струм при максимальній потужності;

$R_{п}$ – послідовний опір сонячного елемента (0,221 Ом);

$R_{ш}$ – паралельний опір сонячного елемента (415,405 Ом).

Вихідний струм I (струм сонячної панелі на моделі):

$$I = I_{\phi} - I_d \cdot \left(\exp\left(\frac{q \cdot (U_{mp} + I_{mp} \cdot R_s)}{n \cdot N_s \cdot K \cdot T}\right) - 1 \right) - I_{ш}.$$

Висновки. Проведені розрахунки дають змогу припустити, що використовуючи термоелектричні елементи, можна знизити температуру модуля сонячних батарей із сумарною потужністю 1 кВт на 10 °С і збільшити потужність, що видається модулем сонячних батарей, на 110 Вт.

Список використаних джерел

1. Кирисов І. Г., Михайлов Б. К., Лосенко Є. В. Вплив затінення та пошкоджень сонячних батарей на їх параметри. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34(73), № 1. С. 180–185. DOI: 10.32782/2663-5941/2023.1/27.
2. Мельник Л. Г., Маценко О. І., Терещенко С. В. Наукове обґрунтування підвищення техніко-економічної ефективності використання сонячної енергії. *Механізм регулювання економіки*. 2020. № 2. DOI: 10.21272/mer.2020.88.10.
3. Ричка Р. Ю. Оптимізація розташування сонячних панелей для досягнення максимальної виробничої потужності. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2024. № 1(281). С. 76–84. DOI: 10.33216/1998-7927-2024-281-1-76-84.