

*Ткачов А.К., аспірант,
Яганов П.О., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України "Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

СИСТЕМА СЛІДКУВАННЯ ЗА ТОЧКОЮ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Сучасний перехід до відновлюваних джерел енергії зумовив підвищений інтерес до сонячної енергетики та фотоелектричних систем (ФЕС), що безпосередньо перетворюють енергію сонячного випромінювання на електричну. Постійне вдосконалення технологій експлуатації СЕ спрямоване на підвищення їх ефективності. Оскільки сонячний елемент, як фізичний компонент, має виражену нелінійну вольт-амперну характеристику (ВАХ), а залежність потужності від напруги характеризується наявністю єдиного максимуму – точки максимальної потужності (ТМП), визначення параметрів цієї точки є складним завданням. Це пояснюється тим, що її положення не є сталим і змінюється під впливом зовнішніх факторів.

Відсутність сталих параметрів ТМП зумовлює ще один важливий аспект – зміну ефективного опору навантаження, який також не є постійним у процесі роботи сонячного елемента. Визначення та підтримання оптимальних параметрів цих двох аспектів покладається на спеціальний пристрій – систему слідування за точкою максимальної потужності (ССТМП).

Алгоритми функціонування ССТМП засновані на визначенні ТМП та підтриманні режиму роботи в околі цієї точки в залежності. Найпоширеніші алгоритми базуються на двох основних підходах – схемотехнічних та аналітичних. Схемотехнічні підходи передбачають постійне коригування параметрів ТМП (струму I_m та напруги V_m) які змінюються в залежності від зовнішніх умов. Підвищене енергоспоживання схемотехнічних методів зумовлене необхідністю безперервного моніторингу та регулювання робочих параметрів. Натомість аналітичні методи спираються на математичні співвідношення, що впливають із рівняння Шоклі (1), яке описує залежність струму від напруги в сонячному елементі.

$$I = I_{\text{кз}} - I_0 \left(e^{\left(\frac{(U + IR_s)}{n\phi_t} \right)} - 1 \right) \quad (1)$$

Метою цієї роботи є проектування ССТМП для акумуляторних батарей, що буде включати оптимізацію двох основних підходів: використання аналітичного підходу до визначення координат ТМП та регулювання ефективного опору навантаження відповідно до необхідних значень акумуляторних батарей.

Відомо, що максимум функції визначається з умови рівності її похідної до нуля. Відповідно, координати точки максимальної потужності (ТМП) можна знайти, обчисливши похідну функції потужності, сформованої на основі рівняння (1) однокспоненційної моделі сонячного елемента. Одне з таких аналітичних рішень подано у дослідженні [1], однак воно передбачає спрощення рівняння Шоклі шляхом нехтування шунтовим опором. Напруга в ТМП може бути визначена за формулою (1), де W_0 – функція Ламберта.

$$I_{mpp} = \left(1 - \frac{1}{w_0 \left(\frac{I_f}{I_0} e^{\left(1 - \frac{2I_f R_s}{nV_t} \right)} \right)} \right) I_f \quad (2)$$

Іншим важливим аспектом є узгодження опорів навантаження та ефективного вихідного опору сонячного елемента (СЕ). Існує широкий спектр методів визначення ефективного опору – від найпростіших наближених[2] до більш точних методів, що базуються на аналізі параметрів у ТМП. Проте для акумуляторних батарей основним критерієм є не стільки узгодження опорів, скільки дотримання режиму постійного вихідного струму, оскільки саме в цьому режимі відбувається основне накопичення заряду. Таким чином, використання аналітичних методів розрахунку і забезпечення додатковим компонентом підтримання режиму постійного струму дозволяє побудувати ефективну ССТМП для акумуляторних батарей.

Список використаних джерел:

1. J.G. Tirado-Serrato, A. S. Garcia, and S. Maximov, “Analytical Computation of the Maximum Power Point of Solar Cells Using Perturbation Theory,” *Energies*, vol. 17, no. 23, Art. 6035, Nov. 2024, doi: 10.3390/en17236035.

2. Ткачов, А. К. Узгодження оптимального опору навантаження сонячної батареї зі споживачами електроенергії / А. К. Ткачов, П.О. Яганов, В. В. Черненко // XXIV Міжнародна науково-технічна конференція "Приладобудування: стан і перспективи", 13–14 травня 2025 р., Київ, Україна : збірник матеріалів конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – С.353-357.