

*Ткачов А.К., аспірант
Черненко В.В., к.ф.-м.н., с.н.с
Інститут фізики напівпровідників імені
В.Є. Лашкарьова НАН України*

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЇ ЛАМБЕРТА ТА СПРОЩЕНИХ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Підвищення інтересу до використання сонячної енергетики у фотоелектричних системах (ФЕС) зумовлює не лише розширення масштабів їх застосування, а й активізацію досліджень, спрямованих на підвищення їх коефіцієнта корисної дії (ККД). Це, своєю чергою, зумовлює необхідність поглибленого вивчення характеристик сонячних елементів та пошуку більш точних і енергоефективних аналітичних методів визначення точки максимальної потужності (ТМП), на відміну від традиційних ітераційних підходів.

Більшість відомих аналітичних методів ґрунтуються на аналізі похідної рівняння Шоклі, яке описує залежність струму від напруги сонячного елемента. Оскільки це рівняння містить експоненційний член, що зумовлює його нелінійність, найефективнішим способом спрощення похідної є використання функції Ламберта. Її застосування дозволяє подати рівняння у зручнішій аналітичній формі, придатній для прямого розв'язання рівнянь типу (1).

$$y = xe^x \quad (1)$$

Проте, оскільки функція Ламберта не виражається через елементарні функції, тому її аналітичне застосування обмежується спеціалізованими бібліотеками та математичними пакетами. Це, в свою чергу, зумовлює значне підвищення вимог до обчислювальних ресурсів, що пред'являються до систем слідування за точкою максимальної потужності (ССТМП) сонячного елемента (СЕ).

Цей суттєвий недолік спонукає до пошуку спрощених аналітичних підходів – наприклад, апроксимації функції Ламберта або застосування альтернативних математичних методів, які дозволяють зменшити обчислювальну складність без суттєвої втрати точності.

Серед відомих апроксимацій можна виділити два основних методи – апроксимація розкладом в ряд Тейлора або використання асимптотичних апроксимацій. Проте, в свою чергу кожен із цих методів також має суттєві недоліки. Розклад в ряд Тейлора може

використовуватись лише в малому діапазоні значень близько нуля, а асимптотичні апроксимації мають значну похибку в деяких діапазонах.

Поєднання двох методів дозволяє отримати іншу формулу (2) апроксимації [1], що має дуже малу похибку на всьому діапазоні вимірювань, проте використання її в такому вигляді також призводить до великого обчислювального навантаження.

$$W(x) = P * \left(1 - \frac{3+3P+2Q}{4P+1} + \sqrt{\left(\left(\frac{3+3P+2Q}{4P+1} \right)^2 - \frac{6Q}{4P+1} \right)} \right) \quad (2),$$

де $P = \ln(x)$, $Q = \ln(P) = \ln(\ln(x))$.

Альтернативою методам визначення ТМП на основі функції Ламберта є спрощені аналітичні підходи, що не потребують складних розрахунків. Якщо один із параметрів у точці максимальної потужності (напруга або струм) апроксимується аналітично (рис. 1), тоді обчислення іншого параметра зводиться до розв'язання простого трансцендентного рівняння [2].

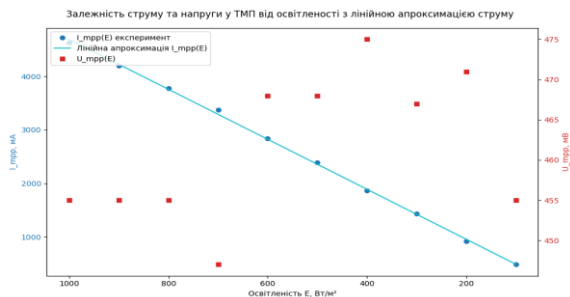


Рисунок 1 – Апроксимація напруги і струму в ТМП

Таким чином, використання цього альтернативного методу є перспективним для впровадження у ССТМП, оскільки він дозволяє істотно скоротити час розрахунку ТМП та знизити вимоги до обчислювальних ресурсів.

Список використаних джерел:

1. Ольшанський В. П. Про апроксимацію функції Ламберта / В. П. Ольшанський // Наукові записки. 2020. Вип. 1. С. 9. DOI: 10.20998/2222-0631.2020.1.09. УДК 517.5.
2. Volodymyr Chernenko, Petro Yahanov, Demyd Pekur, Roman Korkishko, Vasyl Kornaga, Viktor Sorokin, Analytical model of light current-voltage characteristics of a solar cell based on experimental data, Solar Energy Advances, Vol. 4. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2024.100073>