

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-9>

УДК 621.315

Валерій МАРТИНЮК
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0001-5758-4244>
Аліна ГРЕБІНЧУК
Хмельницький національний університет

МЕТОД КЕРУВАННЯ ОПТИМІЗАТОРОМ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ

В роботі на основі проведеного аналізу особливості будови оптимізатора сонячної панелі, встановлено вимоги до основних методів відслідковування точки максимальної потужності. Запропоновано метод керування оптимізатором сонячної панелі, який базується на розрахунку струму в точці максимальної потужності I_{mp} та напруги в точці максимальної потужності U_{mp} при вимірних значеннях інтенсивності сонячного випромінювання та температури сонячної панелі. Розроблена імітаційна модель оптимізатора сонячної панелі в середовищі Simulink, до складу якої ходять дві імітаційних моделі сонячних панелей CL-P72295 китайської компанії ABISOLAR, одна з оптимізатором сонячної панелі, а інша без нього.

Keywords: метод керування оптимізатором сонячної панелі, сонячна панель, точки максимальної потужності.

Valeriy MARTYNYUK, Alina HREBINCHUK
Khmelnytskyi national university

METHOD OF CONTROLLING THE SOLAR PANEL OPTIMIZER

In the work, based on the analysis of the peculiarities of the structure of the solar panel optimizer, the requirements for the main methods of tracking the point of maximum power are established. A method of controlling the solar panel optimizer is proposed, which is based on the calculation of the current at the point of maximum power I_{mp} and the voltage at the point of maximum power U_{mp} at the measured values of solar radiation intensity and temperature of the solar panel. A simulation model of the solar panel optimizer in the Simulink environment was developed, which includes two simulation models of CL-P72295 solar panels from the Chinese company ABISOLAR, one with the solar panel optimizer and the other without it.

Keywords: solar panel optimizer control method, solar panel, maximum power points.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Для будь-якого заданого набору робочих умов фотогальванічний елемент має одну робочу точку, де значення струму (I) та напруги (U) фотогальванічного елемента призводять до максимальної вихідної потужності.

В точці максимальної потужності крива графіка зменшується з обох боків і відповідає режиму, в якому фотогальванічний елемент працює з максимальною ефективністю та генерує максимальну вихідну потужність. Коли фотогальванічний елемент безпосередньо з'єднаний з навантаженням, робоча точка фотогальванічного елемента перебуватиме на перетини вольт-амперної характеристики фотогальванічного елемента та вольт-амперної характеристики навантаження.

Оптимізатор сонячної панелі використовує перетворювач постійної напруги для регулювання напруги фотогальванічного елемента та встановлення цієї напруги в точку максимальної потужності, забезпечуючи узгодження навантаження максимальної передачі потужності. Він може забезпечити вихідну напругу вище або нижче за вхідну напругу. Метою перетворювача постійного струму є узгодження опору навантаження із оптимальним імпедансом сонячної панелі. Тим не менш, точка максимальної потужності не фіксована і змінюється в залежності від різних факторів, таких як освітленість і температура.

Враховуючи, що крива вольт-амперної характеристики фотогальванічного елемента залежить від рівня випромінювання світла та температури сонячної панелі, необхідно керувати положенням точки максимальної потужності для того, щоб отримати максимальну потужність фотогальванічного елемента.

Існує багато різних підходів до максимізації потужності фотогальванічних елементів. До основних методів відслідковування точки максимальної потужності відносяться наступні методи.

1. Метод постійної напруги.
 2. Метод холостого ходу за напругою.
 3. Метод короткого замикання за струмом.
 4. Метод приросту провідності.
 5. Метод збурення та спостереження.
- Переваги методів постійної напруги та холостого ходу за напругою наступні.
1. Відносно низька вартість.
 2. Дуже простий та легкий у реалізації.
- Недоліки методів постійної напруги та холостого ходу за напругою наступні.
1. Не точний і не може працювати рівно у точці максимальної потужності.

2. Повільний відгук U_{mp} у разі зміни U_{oc} .

Переваги використання методу струму короткого замикання наступні.

1. Простота та низька вартість реалізації.
2. Найкращий метод в умовах недостатньої інсоляції.

Недоліки методу струму короткого замикання наступні.

1. Дані відрізняються залежно від розташування та погодних умов.
2. Метод має низьку ефективність.

У цих методах потрібно ретельно вибирати значення константи k , щоб точно відкалібрувати фотогоальванічний елемент.

Переваги методу приросту провідності наступні.

1. Метод приросту провідності може визначити точки максимальної потужності без коливання навколо цього значення.

Недоліки методу приросту провідності наступні.

1. Метод приросту провідності може створювати коливання і нестабільно працювати в атмосферних умовах, які швидко змінюються.
2. Час обчислення збільшується через невелику частоту зчитування даних, обумовлену більш високою складністю алгоритму в порівнянні з методом збурення та спостереження.

Переваги використання методу збурення та спостереження наступні.

1. Відносно проста реалізація.
2. Невелика вартість.
3. Відносно точний метод пошуку точки максимальної потужності.

Обмеження при використанні методу збурення та спостереження наступні.

1. Алгоритм не може визначити, коли він фактично досяг точки максимальної потужності.
2. Вихідна потужність коливається навколо точки максимальної потужності.
3. Метод збурення та спостереження досить повільний, якщо напруга знаходиться далеко від точки максимальної потужності.

Метод керування оптимізатором сонячної панелі

Особливістю запропонованого методу керування оптимізатором сонячної панелі є початковий розрахунок паралельного опору R_{sh} та послідовного опору R_s сонячної панелі, використовуючи параметри сонячної панелі, які надає виробник сонячної панелі. Далі здійснюється розрахунок струму в точці максимальної потужності I_{mp} та напруги в точці максимальної потужності U_{mp} , при вимірних значеннях інтенсивності сонячного випромінювання та температури сонячної панелі.

В якості оптимізатора сонячної панелі будемо використовувати перетворювач постійної напруги сонячної панелі у постійну напругу навантаження. Оптимізатор сонячної панелі використовує перетворювач постійної напруги для регулювання вхідної напруги на сонячній панелі, а також забезпечення узгодження навантаження для максимальної передачі потужності від сонячної панелі до навантаження.

Вихідна напруга сонячної панелі може бути вищою або нижчою, ніж в точці максимальної потужності при певних значеннях інтенсивності сонячного випромінювання, температури та опору навантаження сонячної панелі.

Високоєфективний оптимізатор сонячної панелі використовує перетворення напруги постійного струму в низьку або вищу напругу за допомогою понижуючого-підвищуючого перетворювача. Для реалізації запропонованого методу керування оптимізатором сонячної панелі розроблено структурна схема оптимізатора сонячної панелі, яка зображена на рис. 1.

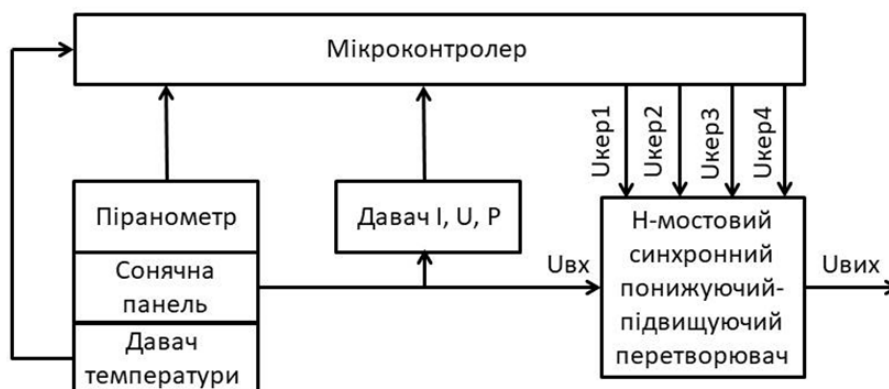


Рис. 1. Структурна схема оптимізатора сонячної панелі

До складу структурної схеми оптимізатора сонячної панелі входить давач піранометр – давач рівня

освітленості сонячної панелі, давач температури панелі, давач струму, напруги та потужності сонячної панелі, а також H-мостовий синхронний понижуючий-підвищуючий перетворювач постійної напруги і мікроконтролер.

Для виконання імітаційного моделювання оптимізатора сонячної панелі була розроблена імітаційна модель в середовищі Simulink, яка зображена на рис. 2.

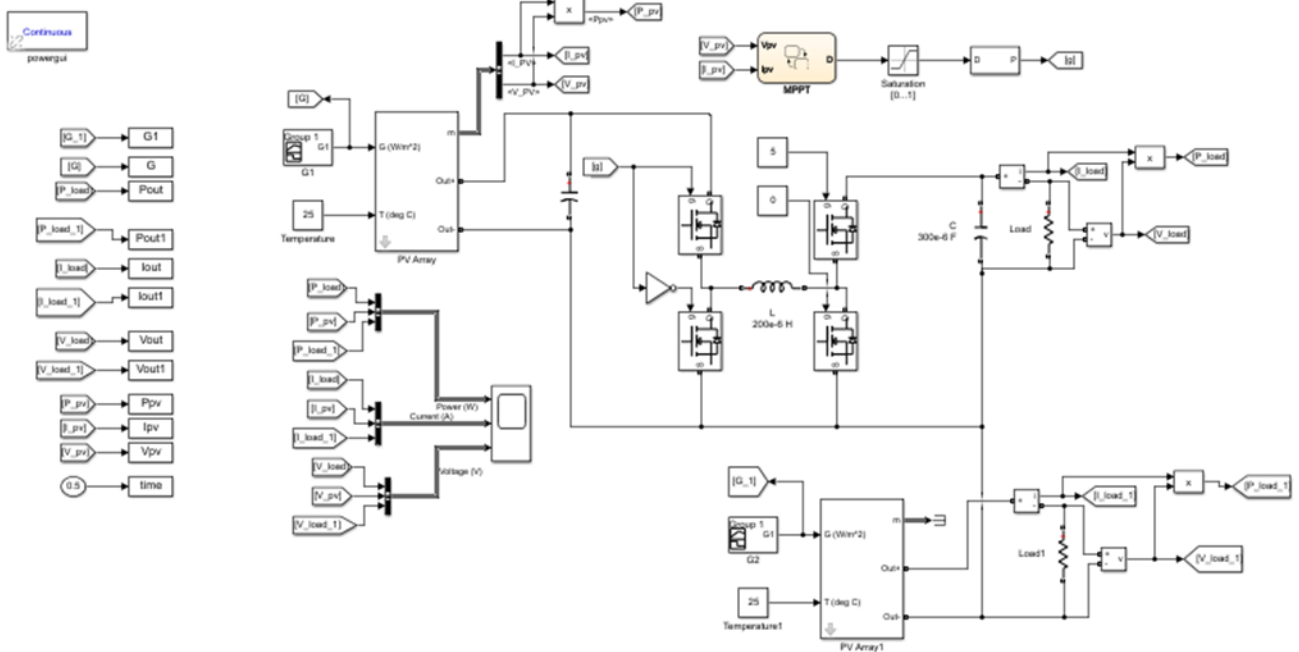


Рис. 2. Імітаційна модель оптимізатора сонячної панелі в середовищі Simulink

У відповідності до рисунку 2, до складу імітаційної моделі оптимізатора сонячної панелі входять дві імітаційних моделі сонячної панелі CL-P72295 китайської компанії ABISOLAR. До виходу першої сонячної панелі приєднано оптимізатор сонячної панелі, побудований за схемою H-мостового синхронного понижуючого-підвищуючого перетворювача постійної напруги.

Для дослідження роботи оптимізатора сонячної панелі до складу імітаційної моделі входить ще одна сонячна панель CL-P72295 китайської компанії ABISOLAR, на яку подається змінний у часі рівень випромінювання світла G1 та температура 25 °C, аналогічно першій сонячній панелі. Відмінність полягає у тому, що до виходу другої сонячної панелі приєднано таке саме навантаження, але відсутній оптимізатором сонячної панелі. В результаті проведеного імітаційного моделювання отримані графіки напруги, струму та потужності першої та другої сонячних панелей, які зображені на рис. 3.

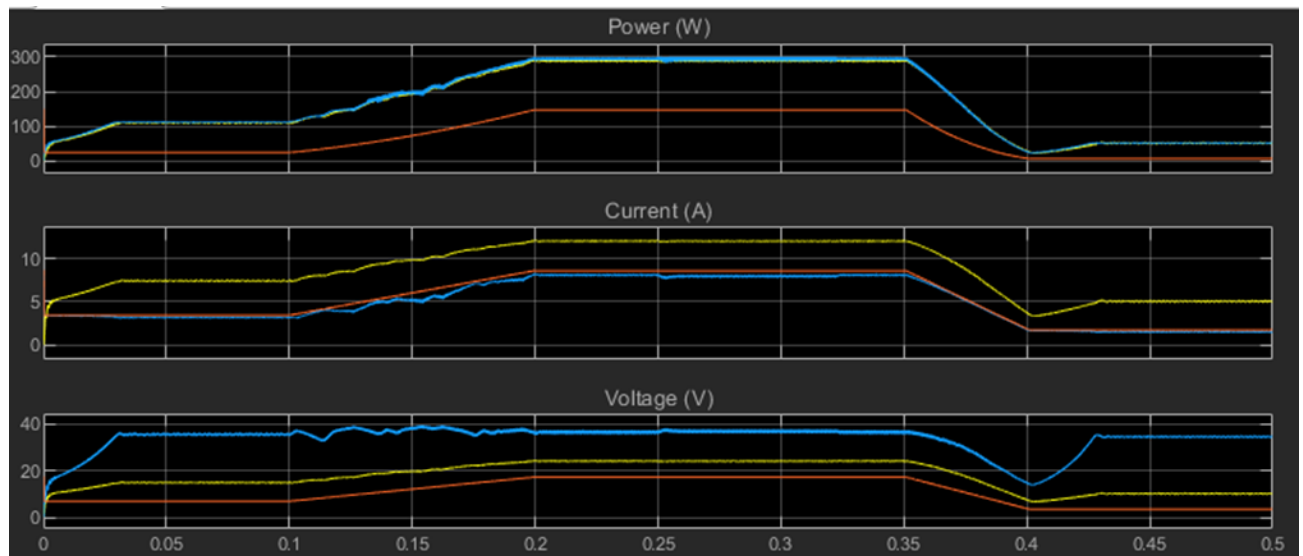


Рис. 2. Графіки напруги, струму та потужності першої та другої сонячних панелей

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Потужність на навантаженні другої сонячної панелі (коричнева крива), яка працює без оптимізатора сонячної панелі, значно менша, ніж потужність сонячної панелі (синя крива). Це означає, що друга панель, яка працює без оптимізатора сонячної панелі, не працює в точці максимальної потужності сонячної панелі.

На відміну від другої сонячної панелі, перша панель працює у точці максимальної потужності. Це підтверджує графік струму першої сонячної панелі (жовта крива), де чітко видно, що струм на навантаженні першої сонячної панелі після оптимізатора сонячної панелі значно перевищує струм на навантаження другої сонячної панелі (коричнева крива).

Стосовно напруги на навантаженні першої сонячної панелі (жовта крива), то вона нижча, за напругу на виході сонячної панелі (синя крива), але напруга після оптимізатора сонячної панелі перевищує напругу на навантаженні другої сонячної панелі, яка працює без оптимізатора сонячної панелі.

Звідси можна зробити висновок, що низьке навантаження другої сонячної панелі зменшує напругу на виході сонячної панелі, тим самим зменшуючи струм і потужність, які віддає у навантаження друга сонячна панель, яка працює без оптимізатора сонячної панелі.

References

1. Amir A., Selvaraj J., & Rahim N.A.. Study of the MPP tracking algorithms: Focusing the numerical method techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, V. 62, P. 350-371.
2. Gupta A., Chauhan Y.K., & Pachauri, R.K. A comparative investigation of maximum power point tracking methods for solar PV system // Solar Energy, 2016, V. 136, P. 236-253.
3. Verma D., Nema S., Shandilya A.M. & Dash S. K. Maximum power point tracking (MPPT) techniques: Recapitulation in solar photovoltaic systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, V. 54, P. 1018-1034.
4. Ram J.P., Babu T.S. & Rajasekar N. A comprehensive review on solar PV maximum power point tracking techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, V. 67, P. 826-847.
5. Motahhir S., El Ghzizal A., Sebti S., & Derouich A. (2016). Shading effect to energy withdrawn from the photovoltaic panel and implementation of DMPPT using C language // International review of automatic control, 2016, V. 9(2), P. 88-94.
6. Tey K.S. & Mekhilef S. Modified incremental conductance MPPT algorithm to mitigate inaccurate responses under fastchanging solar irradiation level // Solar Energy, 2014, V. 101, P. 333-342.
7. Motahhir S., El Ghzizal A., Sebti, S. & Derouich A. MIL and SIL and PIL tests for MPPT algorithm // Cogent Engineering, 2017, V. 4, 137-147.
8. Elbaset A.A., Ali H., Abd-El Sattar M. & Khaled M. Implementation of a modified perturb and observe maximum power point tracking algorithm for photovoltaic system using an embedded microcontroller // IET Renewable Power Generation, 2016, V. 10(4), P. 551-560.
9. Al Nabulsi A. & Dhaouadi R. Efficiency optimization of a DSP-based standalone PV system using fuzzy logic and dual-MPPT control // IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2012, V. 8(3), P. 573-584.
10. Elgendy M.A., Zahawi B. & Atkinson D.J. Assessment of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques for PV pumping applications // IEEE transactions on sustainable energy, 2012, V. 3(1), P. 21-33.
11. Motahhir S., El Ghzizal A., Sebti S. & Derouich A. Proposal and Implementation of a novel perturb and observe algorithm using embedded software // 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), 2015, P. 1-5.
12. Piegari L. & Rizzo R. Adaptive perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking // IET Renewable Power Generation, 2010, V. 4, P. 317-328.
13. Femia N., Petrone G., Spagnuolo G. & Vitelli M. Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method // IEEE transactions on power electronics, 2005, V. 20(4), P. 963-973.
14. Fermia N., Granozio D., Petrone G. & Vitelli M. Predictive & adaptive MPPT perturb and observe method // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2007, V. 43(3).
15. Abdelsalam A.K., Massoud A.M., Ahmed S. & Enjeti P.N. High-performance adaptive perturb and observe MPPT technique for photovoltaic-based microgrids // IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, V. 26(4), P. 1010-1021.
16. Ishaque K., Salam Z. & Lauss G. The performance of perturb and observe and incremental conductance maximum power point tracking method under dynamic weather conditions // Applied Energy, 2016, V. 119, 228-236.