

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ЗГЕНЕРОВАНУ ПОТУЖНІСТЬ КУТА ПАДІННЯ СОНЯЧНИХ ПРОМЕНІВ НА ПОВЕРХНЮ СОНЯЧНОГО ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Д. С. Зибалов, асистент

НТУ "Дніпровська політехніка"

E-mail: kapetal@i.ua

Анотація. Нині найперспективнішим з джерел енергії є енергія Сонця.

Метою дослідження було встановлення залежності потужності, яка згенерована елементом сонячного фотоелектричного перетворювача (СФП), від кута падіння сонячних променів.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні ефективності використання систем позиціонування СФП відносно сонця для підвищення ефективності перетворення сонячної енергії в електричну.

Проведено дослідження трьох видів кремнієвих СФП одного виробника однакової потужності, які було розташовано під однаковим кутом у хмарну погоду. Встановлено, що монокристалічний СФП генерує більшу потужність, ніж інші типи СФП.

Було проведено дослідження впливу кута між сонячними променями та поверхнею СФП на генеровану потужність. Встановлено, що найбільш ефективна робота СФП відбувається при повному освітленні модуля і перпендикулярному падінні сонячних променів на модуль. Проаналізовано отримані данні та встановлено, що для ефективної роботи СФП відсутня необхідність постійного руху трекера за Сонцем, оскільки достатнім є повернення трекера на 20° у бік руху Сонця в разі виходу з зони, в якій потужність, яка виробляється СФП, є незмінною.

Робочі криві графіків використовуються для визначення параметрів, які забезпечать ефективне керування положенням СФП, що допоможе операторам або технічним фахівцям вибрати оптимальне положення СФП в залежності від положення сонця. Одержані результати можуть бути використані для всіх СФП монокристалічного типу.

Ключові слова: сонячний фотоелектричний перетворювач, сонячний трекер, електробезпека, сонячна енергія, альтернативні джерела енергії

Актуальність. З розвитком промисловості та зростом попиту споживачів на побутові електронні прилади збільшується попит на електроенергію. При цьому енергоресурси, такі як корисні копалини обмежені, тому в наш час найдешевшим та найефективнішим джерелом енергії є атомні електростанції. Однак, недоліком

атомної енергетики є відсутність безпечної переробки та зберігання відпрацьованого радіоактивного ядерного палива. Окрім того, вказаний ресурс через деякий час закінчиться. Інші джерела енергії (наприклад, енергія, що виробляється вітряками) малоефективні. Найперспективнішим з таких джерел є енергія Сонця. Спосіб перетворення сонячної енергії в електричну не створює шкідливих відходів та є особливо актуальним в нашому сьогоденні, оскільки у воєнний час у деяких місцях є єдиним способом отримання електричної енергії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сонячний фотоелектричний перетворювач (СФП) – це пристрій, який перетворює світлову енергію в електричну [1]. Найдешевші та найбільш поширені кремневі СФП: монокристалічні та полікристалічні. У монокристалічних СФП світлочуттєві пластини направлені в одну сторону, а у полікристалічних розташовано різнонаправлені кристали.

Для нормального функціонування сонячної електростанції світло повинно падати по нормалі до СФП. Це допомагає реалізувати трекер [2]. Трекер – це пристрій, який повертає СФП у просторі. Існуючі трекери повертають СФП так, щоб сонячні промені падали по нормалі до поверхні. Трекери бувають двох типів [3-9]. Перший тип трекерів повертає СФП в одній площині, а другий тип повертає СФП у двох площинах. Вони використовують алгоритм слідкування за потужністю [5-9], яку генерує СФП, чи за заздалегідь прорахованою траєкторією [3-9] для конкретного місця та пори року, не враховуючи хмарність.

На ефективність генерування енергії СФП впливають такі фактори:

- a) інтенсивність світлового потоку;
- b) кут падіння світлового потоку;
- c) запиленість;
- d) погодні умов;
- e) температура;
- f) деградація внаслідок старіння.

Вплинути на інтенсивність світлового потоку, деградацію внаслідок старіння та на погодні умови неможливо. Запиленість впливає незначною мірою на ефективність роботи СФП. Залишається змінювати кут падіння сонячних променів

на поверхню СФП. Для цього потрібно дослідити залежність потужності на виході СФП від положення у просторі. Також необхідно вирішити наукову задачу створення алгоритмів навчання системи керування сонячною фотоелектричною установкою для ідентифікації системою факторів, які наразі впливають на потужність, що генерує СФП. Вирішення зазначених наукових задач дозволить підвищити ефективність генерування енергії СФП за рахунок розпізнавання різних ситуацій при роботі установки та забезпечення оптимального положення в просторі в залежності від конкретної ситуації, яка наразі має місце.

Мета дослідження – визначити зв'язок залежності потужності, яка згенерована елементом сонячного фотоелектричного перетворювача, від кута падіння сонячних променів.

Матеріали та методи дослідження. Для проведення дослідження з трьох видів кремнієвих СФП одного виробника однакової потужності, які було розташовано під однаковим кутом у хмарну погоду, відібрано монокристалічний СФП, оскільки вказаним видом СФП згенеровано найбільшу потужність. СФП було розташовано таким чином, щоб промені Сонця падали по вертикалі, створюючи прямий кут до площини СФП, а у горизонтальній площині СФП була направлена на схід та рухалась зі сходу на захід з кроком 10° . Як навантаження використано резистор, опір якого становить 10 Ом. Завдяки гіроскопу MPU-6050 система отримала данні про положення СФП у просторі. При цьому виміряні миттєві значення напруги та струму передавалися на ПК, де перемножались та записувалися до таблиці відповідно до азимуту. Після чого дані були оброблені у програмі MathCad.

На рис.1 зображено зовнішній вигляд експериментальної установки. Установка дозволяє повертати СФП у двох площинах. Для орієнтації СФП у просторі за двома осями використано два актуатори обертання. Ці пристрої живляться і приймають команди по одному коаксіальному кабелю, що значно спрощує управління системою. Розроблений контролер керує актуаторами обертання по протоколу DISEqC 1.2. Система з цими актуаторами змонтована і встановлена на даху будівлі. Вимірювання потужності здійснюється миттєвим

вимірюванням та перемноженням діючої напруги та струму з подальшою передачею значення на ПК. Пристрій керування та вимірювання зібрано на базі мікроконтролера PIC16F1459, який має порт USB для обміну інформацією та 10-бітне АЦП для вимірювання.



Рис. 1 Установка позиціювання СФП

Результати досліджень та їх обговорення. Оскільки на генеровану СФП потужність впливає кут падіння променів Сонця, під час експерименту СФП було розташовано таким чином, щоб промені Сонця падали по вертикалі, створюючи прямий кут до площини СФП, а у горизонтальній площині СФП була направлена на схід та рухалась зі сходу на захід з кроком 10° . Як навантаження використано резистор, опір якого становить 10 Ом. Завдяки гіроскопу MPU-6050 система отримала данні про положення СФП у просторі. При цьому виміряні миттєві значення напруги та струму передавалися на ПК, де перемножались та записувалися до таблиці відповідно до азимуту. Після чого дані були оброблені у програмі MathCad. Графік залежності потужності відносно азимута кута приведено на рис.2.

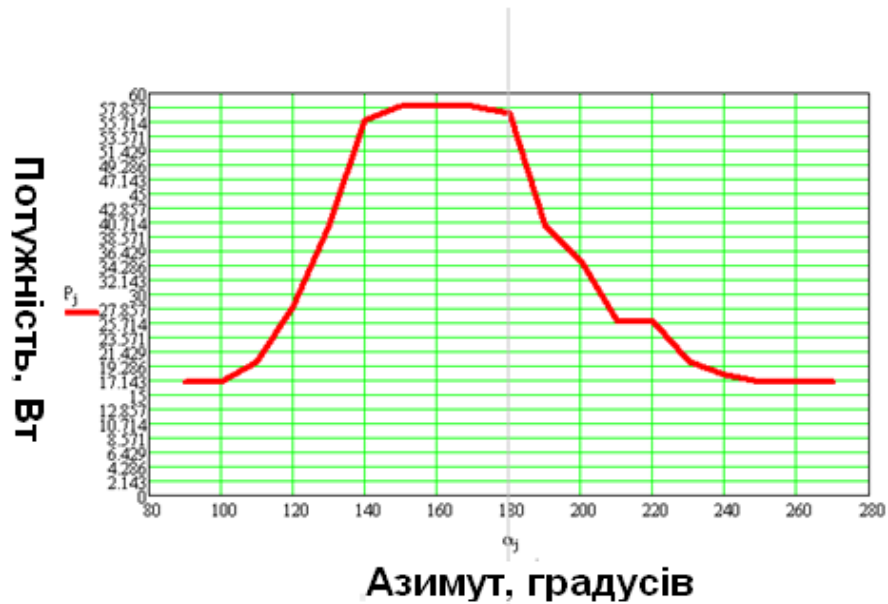


Рис. 2 Графік залежності потужності, згенерованої СФП, відносно кута до горизонталі

Дослід проводився у сонячну погоду. Сонце в момент вимірювання знаходилося в точці з азимутом 160° . З графіка випливає, що максимальна генерація потужності СФП припадає на момент перпендикулярного падіння променів Сонця на площину СФП. Кут, при якому потужність була максимальною та не відбувалося зміни значення потужності, становить 20° .

Висновки та перспективи. Сонячні промені, які досягають поверхні Землі, поділяють на два види: прямі і розсіяні. На поверхні Землі щільність сонячних променів становить 1 кВт/м^2 . Лінія руху Сонця проходить зі сходу на захід.

Найбільш ефективна робота СФП відбувається при повному освітленні модуля і перпендикулярному падінні сонячних променів на модуль. СФП зазвичай встановлюються у фіксованому положенні, що не дозволяє слідувати за Сонцем протягом дня. З цієї причини вони не можуть працювати з повною віддачею протягом усього дня, оскільки кут падіння сонячних променів на поверхню буде відмінний від 90 градусів.

Проаналізувавши отримані данні встановлено, що для ефективної роботи СФП відсутня необхідність постійного руху трекера за Сонцем, оскільки достатнім

є повертання трекера на 20° у бік руху Сонця в разі виходу з зони, в якій потужність, яка виробляється СВП, є незмінною.

Список використаних джерел

1. Ananth G., Gopi Dr. M., Chand Naik. Design of Azimuth Altitude Dual Axis Tracker. International Research Journal of Engineering and Technology. 2016. №8. P. 311-316.
2. Shi J., Lee W.J., Liu Y., Yang Y., Peng W. Forecasting Power Output of Photovoltaic Systems Based on Weather Classification and Support Vector Machines. IEEE Transactions on Industry Applications. 2012. Vol.48. P. 1064–1069.
3. Sungur C. Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey. Renewable Energy. 2009. Vol. 34. P.1119- 1125.
4. Al-Mohamad A. Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. Applied Energy. 2004. Vol. 79. P. 345-354.
5. Hafez Z., Shazly H., Eteiba B. Comparative evaluation of optimal energy efficiency designs for solar tracking systems. Proc. of the Third Intl. Conf. on Advances Science and Environmental Engineering. 2015. P.134–141.
6. Mousazadeh H., Keyhani A., Javadi A., Mobli H., Abrinia K. A review of principle and sun-tracking methods formaximizing solar systems output. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. P.1800–1806.
7. Mansour S., Anis D.W.R., Hafez D.I.M. Optimum Design Of On Grid Pv System UsingTracking System. Sci. Technol. Res. 2015. №05. P. 50–57.
8. Twisha T. Introducing Dual Axis Solar Tracker with Reflector to Increase Optimal Electricity Generation in Bangladesh. Dev. Renew. Energy Technol. 2014. № 3. P.1–6.
9. Cooke D. Single vs. Dual Axis Solar Tracking. Altern. Energy e Magazine. 2011.

References

1. Ananth, G., Gopi, Dr. M., Chand, Naik (2016). Design of Azimuth Altitude Dual Axis Tracker. International Research Journal of Engineering and Technology, 8, 311-316.
2. Shi, J., Lee, W.J., Liu, Y., Yang, Y., Peng, W (2012). Forecasting Power Output of Photovoltaic Systems Based on Weather Classification and Support Vector Machines. IEEE Transactions on Industry Applications, 48, 1064–1069.
3. Sungur, C. (2009). Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey. Renewable Energy, 34, 1119-1125.
4. Al-Mohamad, A. (2004). Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. Applied Energy, 79, 345-354.
5. Hafez, Z., Shazly, H., Eteiba, B. (2015). Comparative evaluation of optimal energy efficiency designs for solar tracking systems. Proc. of the Third Intl. Conf. on Advances Science and Environmental Engineering, 134–141.

6. Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K. (2009). A review of principle and sun-tracking methods formaximizing solar systems output. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1800–1806.
7. Mansour, S., Anis, D.W.R., Hafez, D.I.M. (2015). Optimum Design Of On Grid Pv System UsingTracking System. *Sci. Technol. Res.*, 5, 50–57.
8. Twisha, T. (2014). Introducing Dual Axis Solar Tracker with Reflector to Increase Optimal Electricity Generation in Bangladesh. *Dev. Renew. Energy Technol.*, 3, 1–6.
9. Cooke, D. (2011). Single vs. Dual Axis Solar Tracking. *Altern. Energy e Magazine*.

STUDY OF THE INFLUENCE ON THE GENERATED POWER OF THE ANGLE OF SUNLIGHT INCIDENCE ON THE SURFACE OF THE SOLAR PHOTOELECTRIC CONVERTER

D. Zibalov

Abstract. *Currently, the most promising source of energy is the energy of the Sun.*

The purpose of the study was to establish the dependence of the power generated by the element of the solar photoelectric converter (SPC) on the angle of incidence of the sun's rays.

The scientific novelty consists in substantiating the effectiveness of using SPC positioning systems relative to the sun to increase the efficiency of converting solar energy into electrical energy.

A study was conducted of three types of silicon SPC of the same manufacturer of the same power, which were located at the same angle in cloudy weather. It was established that the single-crystal SPC generates more power than other types of SPC. The influence of the angle between the sun's rays and the surface of the SPC on the generated power was investigated. It was established that the most effective operation of the SPC occurs when the module is fully illuminated and the sun's rays fall perpendicularly on the module. The data obtained were analyzed and it was established that for the effective operation of the SPC there is no need for constant movement of the tracker following the Sun, since it is sufficient to turn the tracker by 20° in the direction of rotation The sun in the case of leaving the zone in which the power produced by the SPC is unchanged.

The operating curves of the graphs are used to determine the parameters that will provide effective control of the SPC position, which will help operators or technicians to select the optimal position of the SPC depending on the position of the sun. The obtained results can be used for all SPCs of the single-crystal type.

Key words: *solar photovoltaic converter (SPC), solar tracker, electrical safety, solar energy, alternative energy sources*