

ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОСТОРОННІХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ В РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

¹Іванчук В.Ю., аспірант, ^{1,2}Гаєвський О.Ю., д.ф.-м.н., проф.

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії; ²Інститут відновлюваної енергетики НАН України

Вступ. Зростаючий попит на відновлювану енергію та відповідно величезний об'єм виробництва фотоелектричних модулів (ФМ) призводять до необхідності впровадження технологічних інновацій, що дозволять покращити ефективність ФМ. Однією із таких ключових інновацій є створення двосторонніх ФМ, які можуть ефективно приймати сонячне випромінювання з обох сторін. Двосторонні (bi-facial) ФМ представляють собою сучасний тип сонячних ФМ, які можуть за рахунок тилової поверхні ефективніше використовувати розсіяне та відбите сонячне випромінювання, що відбивається від поверхні землі або інших об'єктів.

Мета та задача роботи. Метою даної роботи є дослідження вольт-амперних характеристик двосторонніх фотоелектричних модулів при різних умовах освітленості в реальних умовах експлуатації.

Матеріали і результати досліджень. Для дослідження використовувалась експериментальна сонячна електростанція на даху 20-го корпусу НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». До її складу входять наступні компоненти:

- 4 двосторонніх ФМ JA Solar JAM72D30-555 (рис. 1) [1]
- 2 контролери заряду Victron Energy BlueSolar MPPT 250/100-Tr VE.Can;
- АКБ Dyness A48100;
- Інвертор гібридний Victron Energy Quattro II 48/5000/70-50/50 (5 кВА/4 кВт, 1 фаза, без MPPT);
- Система кріплень Kripter Domino V2-XL-08;
- Панель управління та моніторингу Cerbo GX.

Панелі встановлені в один ряд під кутом 30° до горизонту з орієнтацією на південь із зміщенням на 10° на південний захід. Важливо, що відстань від нижнього краю панелей до підлоги становить не менше 1 м., що відповідає вимогам виробника.

Для вимірювання ВАХ було використано дані швидкісного сканування ВАХ модулів у реальних (польових) умовах за допомогою мікро-контролерної системи обробки даних. Опис конструкції приладу для автоматизованих вимірювань ВАХ наведено в наших роботах [2, 3]. Завдяки особливостям алгоритму і способу вимірювань можливе досить точне визначення ВАХ в умовах змінної сонячної радіації і температури. Було проведено серію вимірів в двох режимах роботи ФМ – в двосторонньому режимі та в односторонньому режимі. Односторонній режим роботи ФМ був реалізований за допомогою контрольного двостороннього ФМ із закритою тиловою частиною, що

забезпечувало відсутність прямого та дифузного сонячного випромінювання на тильну сторону ФМ.

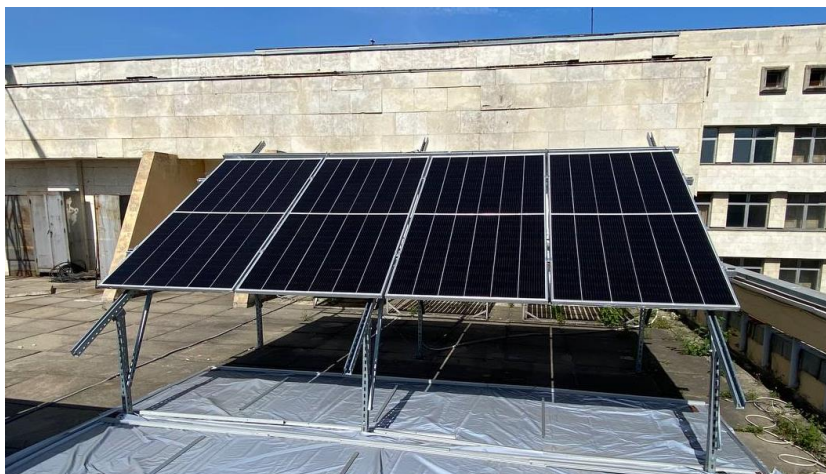


Рисунок 1 – Сонячна електростанція з двосторонніми ФМ

Експеримент з визначення ВАХ ФМ проводився при інсоляції на рівні 910 Вт/м². Для вимірювання ВАХ і автоматизованого опрацювання даних використовувався резистивний метод, реалізований на платформі Raspberry Pi. Завдяки малому часу сканування повної ВАХ (менш ніж 1 с.) рівень сонячної радіації та температуру модуля під час вимірювання можна було вважати незмінними.

Надалі отримані дані відповідно до моделі (див. попередній розділ) опрацьовувалися на ПК у пакеті MATLAB. Алгоритм обробки полягав у наступному:

1. Завантаження експериментальних даних, фільтрація та сортування.
2. Приведення експериментальних даних до одного рівня освітленості.
3. Кусково-поліноміальна апроксимація ВАХ [4].
4. Розрахунок параметрів ФМ згідно однодіодної схеми заміщення [5].

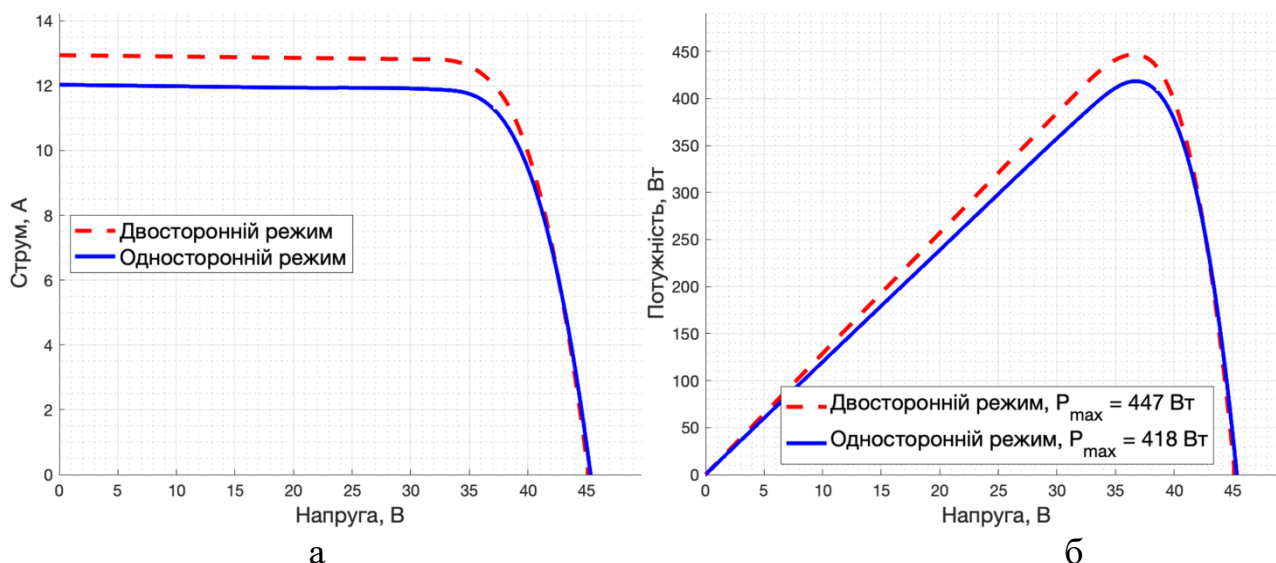


Рисунок 2 – Порівняння ВАХ (а) та потужності (б) ФМ в різних режимах роботи

На рисунку 2а як приклад показано експериментальну ВАХ ФМ після обробки на ПК. Максимальна потужність одностороннього ФМ склала 418 Вт, а двостороннього ФМ – 447 Вт. Порівнюючи потужність при різних режимах роботи (рис. 2б), можна зробити висновок, що двосторонній режим ФМ при даних умовах експерименту дозволяє отримати на 6.94% більше виробітку відносно класичного одностороннього режиму роботи ФМ, що підтверджує перевагу в генерації двосторонніх ФМ.

Висновки. Перевагою двосторонніх ФМ є підвищена ефективність роботи, особливо в умовах з великою кількістю відбиттів та розсіювання сонячного світла. Важливо відзначити, що ефективність двосторонніх фотомодулів може залежати від безлічі чинників, таких як кут падіння світла, відношення прямої інсоляції до дифузної, відбиваюча здатність поверхні, на яку встановлено ФМ, тощо. Отримане експериментально значення 6.94% вигоди в генерації дещо нижче заявленого виробником в 10%, що пояснюється особливістю погодних умов під час проведення експерименту та низькою відбиваючою здатністю поверхні, на яку встановлено ФМ. Загалом, двосторонні ФМ є інноваційним рішенням у сфері сонячної енергетики, що дозволяє збільшувати ефективність сонячних систем.

На даний момент плануються додаткові дослідження, спрямовані на визначення впливу різного типу поверхонь інсталяції ФМ на виробіток двосторонніх ФМ. Однак, щоб отримати повний обсяг інформації, також треба здійснити дослідження за різних погодних умов та в різні пори року. Це допоможе забезпечити комплексний аналіз ефективності двосторонніх ФМ, а також оцінити їхню рентабельність та економічну доцільність у порівнянні з традиційними односторонніми модулями.

Автори вдячні компанії Atmosfera (<https://www.atmosfera.ua>), її директору Олександрову Ковпаку та співробітникам за надання сучасного фотоелектричного обладнання та допомогу в його інсталяції.

Перелік посилань

1. Технічна документація ФМ JA Solar JAM72D30-555. Режим доступу: <https://sun-energy.com.ua/image/pdf/Ja%20Solar%20535BF.pdf>
2. О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук, І.О. Корнієнко, В.І. Бодняк. Алгоритм і програмне забезпечення для Arduino-системи тестування фотоелектричних модулів. Відновлювана енергетика. 2021. №1, с.42-49. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.1\(64\).42-49](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.1(64).42-49).
3. О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук. Автономна система вимірювання на основі мікрокомп'ютера для тестування фотоелектричних модулів. Відновлювана енергетика. 2022. № 3(70). с. 54 -61. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.3\(70\).54-61](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.3(70).54-61).
4. Гаєвська Г.М. Алгоритм апроксимації вольт-амперних характеристик фотомодулів в умовах часткового затінення. Відновлювана енергетика. – 2019. - №3(58). – с.21-29. – doi: 10.36296/1819-8058.2019.3(58).21-29.
5. A.Yu. Gaevskii. Method for determining parameters of PV modules in field conditions. 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). – Kyiv, Ukraine, 2019, p. 205–208.