

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКАЦІЙ ДЛЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

У статті досліджено наявні можливі модифікації для сонячних електростанцій, представлених на ринку, розглянуто особливості їх встановлення, роботи та показано вплив на ефективність генерації. Визначено, які більш доцільно буде встановлювати на автономних станціях, а що ефективніше для тих, які віддають енергію в мережу. Також наведено статистику підвищення ефективності для окремих елементів, що можна встановити на сонячній електростанції.

Ключові слова: сонячна електростанція, акумуляторна батарея, трекер, інвертор, ефективність генерації, контролер.

The article explored the available possible modifications for solar power stations (SPS) presented on the market, considers the features of their installation, operation and determines the impact on generation efficiency. It has been determined which will be more expedient to install at autonomous stations, and which will be more effective for those that give energy to the network. The article also provides an infographic of efficiency gains for individual elements that can be installed on the solar power stations.

Key words: solar power station, rechargeable battery, tracker, inverter, generation efficiency, controller.

Актуальність теми. В умовах сучасного розвитку енергетики, світ ставить на меті зменшення викидів парникових газів в атмосферу, мінімізувати використання не відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності всіх сфер життя та діяльності людини. Це в свою чергу призводить до пошуку нових та вдосконалення вже існуючих джерел відновлюваної енергетики: вода, вітер, сонце, біомаси й інші.

Варто враховувати той фактор, що використання таких технологій передбачає дотримання певних факторів: сприятливі погодні умови (швидкість вітру, сонячна інсоляція і т.д.), наявність достатніх земельних площ для встановлення, можливість передачі енергії без великих втрат. На території нашої держави найбільш доцільно буде використовувати сонячну енергію.

Кожна сонячна електростанція (СЕС) має різний рівень генерації, що може змінюватись у залежності від пори року, часу доби, кількості інсоляції та від рівня споживання підключених споживачів. Тому необхідно встановлювати додаткові елементи (модифікації) для зменшення впливу цих факторів.

Метою дослідження є вивчення наявних на ринку можливих модифікацій для СЕС, особливостей їх встановлення та їх вплив на ефективність генерації.

Виклад основного матеріалу. СЕС – це комплекс для перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Вченими й інженерами створено різні конструкції, які здатні генерувати електричну енергію з енергії сонця [1].

Види СЕС:

- фотоелектричні СЕС – такі, що перетворюють сонячну енергію в електроенергію за допомогою фотоелектричного генератора;
- термодинамічні СЕС – такі, що перетворюють сонячну енергію в теплову, а потім в електричну [2].

До основних складових сонячної електростанції входить:

- сонячна панель;

- інвертор;
- розподільний щит;
- лічильник (однонаправлений – для автономних СЕС, двонаправлений – для передачі в електромережу);
- споживачі енергії.

На даний момент на ринку різні виробники пропонують велику кількість можливих додаткових технічних модифікацій, які використовуються для різних задач та по різному впливають на роботу. Серед них можна виділити:

- акумуляторні батареї (АБ);
- контролери;
- трекери;
- системи моніторингу;
- захист від затінення/забруднення.

АБ найчастіше встановлюються на автономних СЕС задля забезпечення безперебійної роботи всього електричного обладнання. У залежності від особливостей роботи, встановлення та розрахункового часу використання, можна використати такі типи АБ:

1. Гелеві та AGM

Гелеві (GEL) накопичувачі для СЕС мають такі особливості: гелевий електроліт гарантує відсутність витікання; мають можливість встановлення під різним кутом (до 90 °); відсутнє виділення шкідливих газів; температурний режим роботи від -35 °С до +50 °С; при пошкодженні корпусу не втрачають своїх технічних характеристик; здатні витримувати до 800 циклів роботи; термін експлуатації 15 років.

Батареї AGM: оснащені абсорбуючими склопакетами, в яких знаходиться у зв'язаному стані електролітна речовина; можна встановлювати в будь-якому положенні; глибина розряду становить близько 80 %; здатні витримати до 500 циклів роботи; температурний діапазон використання від 15 до 25 °С; термін експлуатації не перевищує 5 років [3].

2. Лужні

Дані накопичувачі потребують періодичне сервісне обслуговування; мають до 1500 циклів роботи; потребують добре вентиляційного приміщення; пристосовані до великих струмів; мають відносно не високу ціну в порівнянні з іншими представниками [3].

3. Літієві

До основних характеристик відноситься: невеликі розміри; висока ємність; швидка зарядка; температурний режим роботи від 5 до 20 °С; здатні витримувати глибокі розряди; здатні витримати 300-500 циклів роботи [4].

4. OPzS

Принцип роботи апаратів аналогічний свинцево-кислотним конструкціям і має такі характерні особливості: термін експлуатації до 20 років; здатні витримувати до 1500-1800 циклів роботи; низький рівень саморозряду; прозорий корпус, що дає змогу слідкувати за кількістю електроліту [3].

При встановленні АБ на СЕС, необхідне використання контролера, адже пряме підключення сонячної станції буде малоефективним, а також може привести до швидкого виходу з ладу обладнання, по причині перезаряду або надмірного глибокого розряду.

Контролер – це електронний пристрій, який контролює й управляє процесом заряду АБ. Існує два основних типи: PWM (широотно-імпульсна модуляція) та MPPT [5].

Переваги PWM контролерів: простота; можливість використання на малопотужних станціях; відносна дешевизна; автоматична робота, без використання додаткових налаштувань [6].

МРРТ має такі особливості: відсутність втрат при заряді АБ; оптимізація роботи при затіненні частини панелей; можливість працювати на потужних станціях; можливість встановлення на великій відстані від панелей [7].

Трекери встановлюються на каркасах сонячних панелей і слугують для підвищення генерації СЕС. Сонячні трекери поділяються на основних види: статичні та динамічні.

Статичні використовуються досить рідко, адже вони сильно поступаються своїми характеристиками.

Динамічні – найбільш поширені й ефективні системи, які представлені на ринку. Вони дають можливість максимально використовувати сонячну інсоляцію протягом світлового дня. Найбільш ефективне вироблення електроенергії відбувається коли фотоелементи розташовані перпендикулярно до сонячних променів.

Сонячні батареї, встановлені на рухомому трекері, автоматично протягом дня змінюють своє місце розташування та рухаються за сонцем, а в залежності від пори року автоматично змінюють кут нахилу.

Системи управління трекерами поділяються на три види: активні, пасивні та комбіновані.

Активна – орієнтація системи на максимальне сонячне освітлення, проводиться за допомогою сенсора. У порівнянні зі статичними трекерами ефективність більше на 49 % [8].

Пасивна – панелі орієнтуються за сонячним календарем, а ефективність їх вище в порівнянні зі статичними системами на 39 % [9].

Комбінована – це система активного типу, яка в разі несправностей переходить у пасивний режим.

Сонячні трекери є двох видів: одноосьові та двохосьові.

Одноосьові – мають одну ступінь свободи. Вісь обертання спрямована на північний меридіан. Однак при використанні додаткових допоміжних пристроїв границі орієнтування розширюються.

Існують різні можливості виконання одноосьових трекерів (рис. 1): похилі (а), горизонтальні (б), вертикальні (в) та полярні.

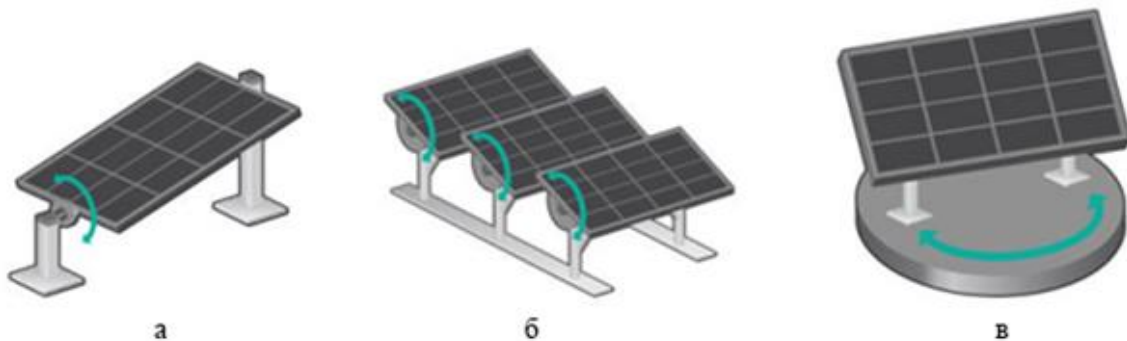
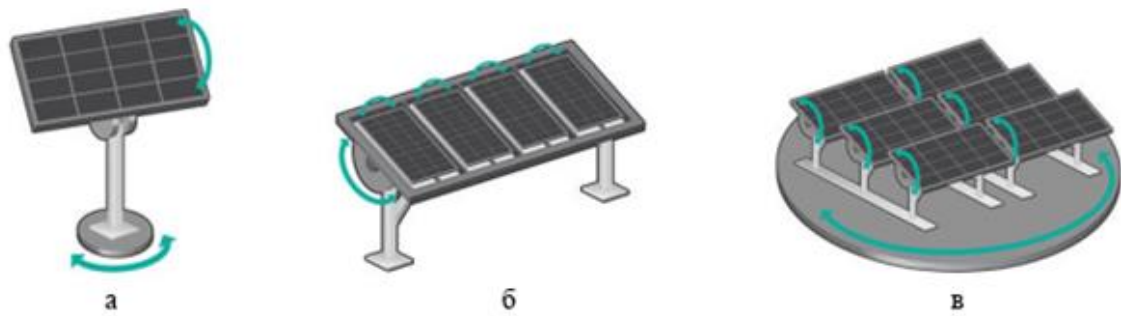


Рисунок 1 – Види одноосьових трекерів [10]

Двохосьові – мають два ступені свободи, вони та виступають осями обертання. Вони працюють одночасно, але не пов'язані одна з одною. Одна виступає основною, тоді як інша виконує роль допоміжної. Зазвичай основна вісь це та, яка фіксується до поверхні, де буде розташована станція (земля, дах, фундамент).

Розрізняють два види двохосьових трекерів ТТДАТ (на несучому стовпі) і ААДАТ (з двома осями обертання й опорною площиною) (рис. 2). Такі системи потребують мінімум догляду та мають автоматичний хід. Ефективність становить більше на 30 % в порівнянні з одноосьовими [11].



а – класичний; б – з рамкою; в – на обертальній базі

Рисунок 2 – Види двохосьових трекерів [11]

Конструкція трекерних систем повинна витримувати перевантаження від сильних поривів вітру, дощу та снігу. При збільшенні парусності конструкції (габаритності сонячної станції), здійснюється і навантаження на трекер. Для вирішення цієї задачі необхідно перерозподілити навантаження шляхом збільшення габаритних розмірів всієї конструкції [12].

Пристрої моніторингу. При збільшенні потужності станції, кількості обладнання та необхідності здійснювати контроль усіх показників якості виробленої енергії, з'являється необхідність встановлення додаткових, більш складних систем моніторингу.

Моніторинг і контроль системи має важливе значення для безперебійного функціонування та максимального генерування будь-якої сонячної станції. Найпростіший моніторинг може бути виконано шляхом зчитування значень на дисплеї (ПК-дисплей, смартфон), що є частиною майже кожного інвертора, який підключено до мережі. На екрані відображаються найбільш важливі параметри інвертора й електромережі, такі як: потужність постійного струму (*DC*), змінний струм мережі (*AC*), напруга в системі. Для більш складного моніторингу та контролю даних, потрібно встановлювати додаткові елементи, що будуть відслідковувати: температуру модуля, температуру навколишнього середовища, кількість сонячної інсоляції, швидкість вітру, а також можливе забруднення або затінення панелей. Також необхідно збільшувати продуктивності обчислювальних машин для подальшої реєстрації, зберігання, відтворення й аналізу отриманих даних [13].

—Для дистанційного керування та моніторингу може використовуватись віддалене підключення: аналоговий модем, *ISDN*, *GSM* і т.п. Найбільш поширеним з'єднанням для місцевого/дистанційного управління є *USB* (іноді навіть *RS232*), локальний моніторинг виконується за допомогою *RS485*. Для бездротового зв'язку найчастіше встановлюється *Bluetooth* і *Wi-Fi*. Також останнім часом з'явилась можливість віддаленого моніторингу за допомогою супутникового зв'язку (*SPYCE*) [14].

Захист від затінення/забруднення. При частковому затінненні панелей або їх забрудненні відбувається значне падіння генерації сонячної станції. Для того, щоб мінімізувати такі впливи можуть бути використані наступні технічні рішення: встановлення мікроінверторів або оптимізаторів потужності.

Система, в якій використовуються мікроінвертори передбачає встановлення їх для кожної окремої панелі або масиву. У схемах, оснащених мікроінверторами, при потрапленні тіні на одну з панелей, генерація інших не падає, адже кожна з них має особистий інвертор. Схему підключення представлено на рис. 3 [15].

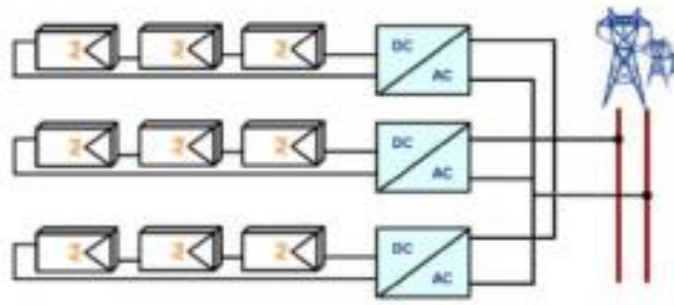


Рисунок 3 - Схема підключення мікроінверторів

Оптимізаторами потужності є поєднання двох технологій – стрінгового (рядкового) підключення панелей та мікроінвертора. Оптимізатор вимірює якість електроенергії, що генерується на кожній панелі та направляє цю інформацію на головний інвертор. Таким чином, оптимізатори потужності можуть відключити з масиву ту панель, яка затінена та впливає на роботу всієї системи [16].

Висновки. На даний момент на ринку представлено великий вибір можливих модифікацій для сонячних електростанцій, що дає можливість підвищити їх ефективність у всіх аспектах: генерація, автономність або стабільність. Більшість з елементів у сучасних реаліях потребують обов'язкового використання, але необхідно і враховувати специфіку роботи (автономна чи генерація для продажу). Адже на потужних станціях не доцільно буде встановлювати АБ, тоді як більш ефективним буде використання трекерів і більш глибокого моніторингу стану та роботи всієї системи в цілому. Тому вже на етапі планування необхідно визначати, яка з модернізацій буде більш доцільна та економічно ефективна.

Список використаних джерел

1. Что такое солнечные электростанции и где их строят? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://greentechtrade.com.ua/ru/chto-takoe-solnechnye-elektrostantsyy/> (дата звернення 14.05.20).
2. Виды солнечных электростанций [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.gigavat.com/ses_vidi.php (дата звернення 14.05.20).
3. Особенности выбора аккумулятора для солнечных батарей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/340-osobennosti-vybora-akkumulyatora-dlya-solnechnykh-batarej> (дата звернення 14.05.20).
4. Zhao, Y. An Aqueous Lithium-Iodine Battery with Solid Polymer Electrolyte-Coated Metallic Lithium Anode [Text] / Y. Zhao, N. B. Mercier, H. R. Byon // ChemPlusChem. — 2014.
5. Контроллеры заряда для солнечных систем. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://www.solbat.su/dopobr/kontzar/> (дата звернення 14.05.20).
6. Контроллеры заряда аккумуляторов от фотоэлектрической батареи с широтно-импульсной модуляцией тока заряда [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.solarhome.ru/control/pwm> (дата звернення 14.05.20).
7. Смысл работы солнечного MPPT контролера [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://pusveter.ru/686/smysl_raboty_solnechnogo_mrt_kontrollera.html (дата звернення 14.05.20).
8. Сонячні панелі можуть генерувати на 30% більше електроенергії завдяки трекерам [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Sonyachni-paneli-mozhut-heneruvaty-na-30-bilshe-elektroenerhiyi-zavdyaky-trekeram/> (дата звернення 14.05.20).
9. Двовісні трекери [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ussolar.co.ua/?page_id=9&lang=uk (дата звернення 14.05.20).

10. Bosman, L. A Decision Support System to Analyze, Predict, and Evaluate Solar Energy System Performance: PVSysCO (photovoltaic System Comparison) / L. Bosman. – The University of Wisconsin-Milwaukee, 2014. – 143 p.
11. Автоматична система кріплення as-sunflower з функцією самоналаштування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eximsolar.eu/avtomatychna-systema-kriplennya-as-sunflower-z-funkciyeyu-samonalashtuvannya> (дата звернення 14.05.20).
12. Трекеры для солнечных электростанций [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ru.alternative-energy.com.ua/vocabulary/трекеры-для-солнечных-электростанций/>
13. Бацала, Я. В. Удосконалення засобів контролю параметрів електроенергії відновлювальних джерел енергії / Я. В. Бацала, І. В. Гладь, О. І. Кіянюк // Нафтогазова енергетика. – 2015. – № 1(23). – С. 52-60.
14. Jackson, J. Energy monitoring of a SMME photovoltaic power system / J. Jackson, S.P D. Chowdhury // Conference: 2017 52nd International Universities Power Engineering – doi: 10.1109/UPEC.2017.8231989
15. Войтех В.О. Застосування мікроконтролерів компанії Microchip серії dspic33 MC для керування напівпровідниковими інверторами напруги // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2016. – Вип. 43. – С. 107–111
16. Охоткин Г.П., Серебrenиков А.Г. Основные принципы построения автономных солнечных электростанций [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.scienceeducation.ru/106-7345> (дата звернення 14.05.20).