

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Єрмоленко В.О., к.т.н., с.н.с., Синявський М.А., вихованець

Центр науково-технічної творчості Білоцерківської міської ради Київської області

Вступ. Сонячна енергетика – є одним з найбільш екологічно чистих варіантів видобутку енергії, який успішно конкурує з традиційними видами отримання енергії й тепла – тепловими електростанціями, що використовують в якості палива – корисні копалини нашої планети. Вона має величезний енергетичний потенціал, який перевищує енергію всіх світових запасів викопних ресурсів. Так обсяг енергії, отриманої від сонця за 22 дні сонячної активності, рівноцінний усім запасам органічного палива на землі. Тому актуальність дослідження зумовлена посиленою зацікавленістю у використанні ефективного фотоенергетичного обладнання – сонячних батарей (СБ).

Мета роботи – дослідити роботу сонячних батарей, визначити основні чинники, які впливають на ефективність роботи сонячної батареї та розробити рекомендації щодо ефективної їх експлуатації.

Матеріали і результати досліджень. Дослідження виробництва електричної енергії СБ з автоматичним поворотом за сонцем та зміною кута нахилу у вересні 2023 року.

Обсяги щоденної генерації електроенергії можна побачити на діаграмі 1.

Діаграма 1. – Генерація сонячної енергії за вересень



Згідно з показниками за 30 днів роботи СБ було згенеровано 201,42 кВт·год електроенергії.

Нормативні показники:

- інсоляція сонячної енергії в Київській області за вересень 3,12 кВт·год/м²;
- площа сонячної панелі 1.54 м²;
- ККД сонячної панелі 20,2%;
- кількість днів роботи 30;
- кількість сонячних панелей 8.

Генерації СБ за вересень теоретично має складати:

$$E = 3,12 \cdot 1,55 \cdot 0,202 \cdot 30 \cdot 8 = 234,45 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Загальний фактичний вихід за місяць становить 201,42 кВт·год.

Втрати енергії до

$$\left| 1 - \frac{201,42}{234,45} \right| \cdot 100\% = 14,1 \%$$

пояснюються зміною інтенсивності сонячного випромінювання в залежності від кількості похмурих днів.

Дослідження виробництва електричної енергії СБ в стаціонарному положенні у жовтні 2023 року.

Оптимальним вважається розташування, при якому сонячне світло потрапляє на панель під прямим кутом. Також варто пам'ятати про сезонні зміни кута, під яким падає сонячне світло на батарею. Розрахуємо оптимальний кут нахилу батареї для нашої широти.

Місто Біла Церква перебуває на широті близько 50° , тому оптимальний кут становитиме

$$50^\circ - 20^\circ = 30^\circ$$

Обсяги щоденної генерації електроенергії можна побачити на діаграмі 2.

Діаграма 2 – Генерація сонячної енергії за жовтень



Згідно з показниками за 31 день роботи СБ було згенеровано 166,84 кВт·год електроенергії.

Нормативні показники:

- інсоляція сонячної енергії в Київській області за жовтень 1,94 кВт·год/м²;
- площа сонячної панелі 1.54 м²;
- ККД сонячної панелі 20,2%;
- кількість днів роботи 31;
- кількість сонячних панелей 8.

Генерації СБ за вересень теоретично має складати:

$$E = 1,94 \cdot 1,55 \cdot 0,202 \cdot 31 \cdot 8 = 150,64 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Загальний фактичний вихід за місяць становить 166,84 кВт·год.

Надлишок енергії до

$$\left| 1 - \frac{166,84}{150,64} \right| \cdot 100\% = 10,7 \%$$

пояснюється зміною інтенсивності сонячного випромінювання в залежності від кількості сонячних днів (середня температура в жовті була на 2% вище норми).

Порівняння даних досліджень. Виберемо із таблиць показники, які отримали за максимально наближених вихідних умов: температури, вологості та тривалості дня. В цьому випадку оптимальний варіант 30 вересня та 1 жовтня.

Таблиця 1 – Порівняння даних роботи сонячної батареї за регульованого кута падіння та в стаціонарному положенні

Вироблення енергії, кВт·год за 30.09	Вироблення енергії, кВт·год за 01.10	Різниця показників у кВт·год	Різниця показників у %
9,45	5,42	4,03	42,64

Як видно з показників втрати енергії становлять майже 43%.

Акумуляція сонячної енергії. В наших широтах сонячної енергії може не вистачати протягом всього року. Чинники які були розглянуті в попередніх розділах можуть негативно впливати на її генерацію. Тому пропонується кілька рішень цієї проблеми. Одне з рішень це акумуляувати енергію в дні коли генерація є високою і використовувати зібрану енергію коли її не вистачає.

Серед акумуляторів розрізняють чотири основні типи:

- свинцево-кислотні;
- нікель-кадмієві (нікель-залізні, метал-гідридні);
- літєві;
- тягові гелеві.

Ні для кого не секрет, що акумуляторна батарея це звичайнісінький розхідник. Але ставитися до нього як до такого - неправильно, бо якісна та емна АКБ - задоволення не з дешевих. Неправильна експлуатація або неправильний вибір може швидко призвести до непридатності навіть формально кращі акумулятори на ринку, які просто не підходять для конкретних цілей.

Тягові гелеві АКБ найкращі акумулятори для сонячних батарей. Акумулятори для сонячних панелей повинні мати хороший циклічний ресурс і терпимість до глибоких розрядів. Тягові гелеві АКБ повністю задовольняють цим умовам завдяки технологіям, що застосовуються при їх виробництві. Розглянемо їх ближче. Незважаючи на те, що «гелевий» це конкретний тип акумуляторів, дуже часто так називають групу АКБ, в яку входять батареї як з гелевим, так і з абсорбуючим електролітом. Вони мають спільні риси, завдяки чому й експлуатаційні характеристики відрізняються не радикально. Перша та найважливіша відмінність гелевих акумуляторів для сонячних батарей від звичайних свинцево-кислотних аналогів це форма вмісту електроліту. Сам склад електроліту не змінений, або змінений незначно шляхом використання різних

домішок, але, що важливіше, він не знаходиться в клітинах рідкому вигляді. У батареях GEL VRLA це досягається шляхом загущення електроліту до гелеподібної консистенції додаванням різних кремнієвих та інших сполук. Як результат виходить густа пориста речовина. В АКБ AGM VRLA використовується звичайний рідкий електроліт, але він абсорбований спеціальними щільно покладеними між електродами пористими скловолоконними прокладками.

Акумуляція енергії у вигляді водню. Генератор водню - технічний комплекс, який виробляє чистий водень. Більшість генераторів водню використовують технологію водяного електролізу (електролізери). Але зустрічаються і генератори біологічного, біохімічного і пароконверсійного типів.

Для чого виробляти водень? - Людство стоїть на порозі водневої енергетики. Продуктом згоряння водню є звичайна вода (H_2O), тобто, немає ні вуглекислоти, ні чадного газу. Енергетичний потенціал водню набагато вищий, ніж у пропану, бензину або вугілля. Завдяки переходу на водень можна запобігти наступну глобальну катастрофу, пов'язану з «парниковим ефектом» і потеплінням.

Як працює генератор водню (електролізер): - насос закачує в робочу камеру, яка складається зі спеціальних катодно-анодних осередків, заздалегідь підготовлену воду (дистильовану). Подається струм з дуже високою напругою, який буквально розриває молекули води на кисень і водень. Водень відводиться в ємність для зберігання. Кисень відводиться в киснепровід або скидається в атмосферу.



Рисунок. 1 – Генератор водню

[Джерело: https://chemtest.com.ua/images/super/generator_vodoroda_voden_1.JPG](https://chemtest.com.ua/images/super/generator_vodoroda_voden_1.JPG)

Методи комбінації. Не обов'язково використовувати виключно енергію з сонячних батарей, можна комбінувати її з іншими джерелами. Наприклад, з тепловими насосами. Холодоагент-робоча речовина холодильної машини, яка при кипінні або в процесі розширення забирає теплоту від охолоджуваного об'єкта і потім після стиснення передає її охолоджувальному середовищу під високим тиском крізь капілярний отвір потрапляє до випаровувача, де шляхом зниження тиску відбувається процес випаровування.

Разом з цим холодоагент забирає тепло у внутрішніх стінок випаровувача. Випаровувач, своєю чергою відбирає тепло в повітряного, ґрунтового або водяного контуру, внаслідок чого повітря, ґрунт чи вода постійно охолоджуються. Компресор вбирає холодоагент із випарника, стискає його й виштовхує в конденсер. У конденсері холодоагент переходить в рідкий стан з виділенням тепла, яке віддає опалювальному контуру. Процес повторюється постійно. Коли температура досягає необхідного рівня, електричне коло розривається терморегулятором і тепловий насос перестає працювати. Коли температура в опалювальному контурі падає, терморегулятор знову запускає компресор. У такий спосіб холодоагент і тепловий насос здійснює зворотний цикл Карно.

Теплові насоси трансформують розсіяну теплову енергію повітря, ґрунту чи води у відносно високопотенційне тепло для нагрівання об'єкта (води чи повітря). Приблизно 75 % опалювальної енергії можна збирати безкоштовно із природи: повітря, ґрунту, води й тільки 25 % енергії необхідно використати для роботи самого теплового насоса. Іншими словами, власник теплових насосів заощаджує 3/4 коштів, які він би регулярно витрачав на дизпаливо, газ або електроенергію для традиційного опалення. Просто кажучи, тепловий насос за допомогою теплообмінників збирає теплову енергію із землі (води, повітря) і «переносить» її в приміщення.

Теплові насоси здатні не тільки опалювати приміщення, але й забезпечувати гаряче водопостачання, а також здійснювати кондиціювання повітря. Але при цьому в теплових насосах повинен бути реверсивний клапан, саме він дозволяє тепловому насосу працювати у зворотному режимі.

Для роботи теплового насоса потрібно лише 25% його опалювальної енергії, тому ми можемо використати енергію з сонячних батарей та тепловий насос, щоб збільшити енергоефективність в 4 рази.

Залежно від альтернативного джерела тепла насоси поділяються на:

- *повітряні*. Перетворюють теплову енергію атмосферного повітря. Різновиди цих та інших теплонасосів класифікують в залежності від особливостей вхідного і вихідного контурів. Для даного типу - це повітря-повітря, повітря: вода;
- *геотермальні*. Використовують теплову енергію ґрунту, підземних вод або природних водойм. В цю товарну лінійку входять обладнання типу: вода-вода, вода-повітря, ґрунт-вода;
- *працюючі від вторинного тепла* опалювальної системи(каналізації).

При виборі теплового насоса повітря-вода потрібно орієнтуватися на наступні параметри:

- *потужність*. Важливо досягти різниці між максимальною продуктивністю і споживанням. Чим вона більше, тим довше прослужить обладнання;
- *окупність*. Час, за яке ви повернете вкладені кошти за рахунок економії на енергоресурсах. Для багатьох покупців це важливе питання.

Чому фахівці рекомендують купувати пристрої з запасом потужності:

- різні показники температури вхідної води в залежності від сезону (взимку водопровідна вода значно холодніше);

- вода, нагріта для побутових потреб, перебуває в баку і поступово остигає, якщо вона не використовується, її необхідно догрівати до заданої температури.

Висновки. В ході роботи над проектом було опрацьовано і проаналізовано джерела з даної теми, проведено дослідження залежності генерації енергії від кута падіння сонячних променів. На основі отриманих даних було розроблено низку рекомендацій щодо ефективності користування та вибору сонячних батарей:

1. При виборі СБ потрібно враховувати кліматичні характеристики місцевості. Від цього залежить тривалість сонячного освітлення батареї, а, відповідно, і час накопичення сонячної енергії. Необхідно, розміщувати батареї в максимально освітленому місці з невисокою штормовою активністю.

2. Дотримуватися температурного режиму сонячних батарей, який вказаний в їх паспорті. Влітку, у спекотну погоду розташовувати сонячні батареї на поверхні, яка не дуже нагрівається.

3. Перед встановленням сонячних батарей потрібно знати кількість електроенергії, яку потрібно споживачу. Найкращий результат – це СБ, яка покриває від 40% до 80% потреб енергії. Для отримання більшої ефективності від використання СБ необхідно застосовувати комбінаційні методи і обладнання, які повністю замінять традиційні джерела енергії.

Список використаних джерел

1. irbis-nbuv.gov.ua. URL: <https://cutt.ly/hMJnymQ>
2. Photovoltaic energy, electricity from the sun / Daniel Fraile, Marie Latour, Adel El Gammal, Michael Annett. // EPIA Publications. – vol.50. – april 2010. URL: <http://www.epia.org/publications/photovoltaic-publications-global-market-outlook.html> (дата звернення 09.11.2022)
3. Вдовіченко К.В. Вплив оптичного випромінювання на вихідні характеристики сонячних елементів. 2019. – 57 ст. URL: <https://cutt.ly/iMJQM1v>
4. Гевко Р.Б. Напрями підвищення ефективності функціонування підприємств агропромислового виробництва. URL: <https://cutt.ly/RMJbrYW>
5. Дзядикевич Ю. В. та ін. Економіка довкілля і природних ресурсів: Монографія. Тернопіль : Астон, 2016. – 392 с. URL: <https://cutt.ly/mMJn003>
6. Заяц Н. В. Кремнієві фотоелектричні перетворювачі для безпілотних літальних апаратів. Дипломна робота на здобуття ступеня бакалавра. Київ – 2019 року // Zaiats_bakalavr.pdf. URL: <https://cutt.ly/yMJkv9T> (дата звернення 29.10.2022)
7. Інсоляція: вплив на виробництво електроенергії сонячними панелями // Статті. Solar Garden. URL: <https://cutt.ly/QMJxg80> (дата звернення 29.10.2022)
8. Климко О.М., Федоша Д. В., Кузьменко О. І. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Електрична частина станцій та підстанцій" для підготовки бакалаврів усіх форм навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з навчанням за освітніми програмами "Енергетичний менеджмент" та "Електротехнічні системи електроспоживання" частина 2. Запоріжжя: ЗНТУ, 2019.- 46 с. URL: <https://cutt.ly/DMJbZ7r>
9. Кожем'яков В. П., Домбровський О. І., Жердецький В. Ф. та інші. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики // 239-Текстстатті-238-1-10-20151105.pdf. URL: <https://cutt.ly/wMJj8iz> (дата звернення 19.11.2022)

10. Колмиков М.О. «Пристрій та модель оцінювання ефективності сонячної панелі на основі поглинаючого шару NiO». Реферат // Veremiyenko_bac_rob.pdf. URL: <https://cutt.ly/dMJoGFK> (дата звернення 10.11.2022)
11. Колонтаєвський Ю. П. , Тугай Д. В. , Котелевець С. В.. Фотоенергетика: навч. посібник. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2019. – 160 с. URL: <https://cutt.ly/KMH5tw8> (дата звернення 28.09.2022)
12. Лекція-7. Конверсія-сонячної-енергії.pdf. URL: <https://cutt.ly/wMH5BxA> (дата звернення 29.10.2022)
13. Лисиця І.Є Альтернативні джерела енергії як запорука енергетичної безпеки держави.. Магістерська робота. Тернопільський національний економічний університет. 2018. -- 101ст. URL: <https://cutt.ly/gMJvUym>
14. Скільки енергії виробляє сонячна батарея? // Статті по сонячній енергетиці. Сонячна енергія. URL: <https://cutt.ly/DMJW7IW>
15. Нечепоренко К.В., Сонячні елементи, їх будова та основні характеристики. Напівпровідникові матеріали в сонячній енергетиці // Реферат. Львівський національний університет імені Івана Франка / ua-referat.com/ URL: <https://ua-referat.com/uploaded/referat-na-temu-v5/index1.html> (дата звернення 29.10.2022)
16. Оптимальний кут для сонячних панелей // Сонячна енергія / Статті. URL: https://sun-energy.com.ua/statti/kut_paneli (дата звернення 17.11.2022)
17. Принцип роботи сонячної батареї: як влаштована і працює сонячна панель.//Техніка. Еко-енергія. URL: <https://cutt.ly/JMJp91t> (дата звернення 19.11.2022)
18. Сонячний трекер. Що це і кому варто встановлювати? // ПП Правильне електроживлення / Статті. URL:<https://cutt.ly/6MJg9de> (дата звернення 19.10.2022)
19. Як вибрати сонячні батареї? Переваги та недоліки //Еко-системи. URL: <http://www.ekosystem.lviv.ua/p-solar> (дата звернення 29.10.2022)
20. Економіка довкілля і природних ресурсів :монографія / Ю.В. Дзядикевич та ін. – Тернопіль : Астон, 2016. – 392 с. URL: <https://cutt.ly/mMJn003>
21. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81
22. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B0%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%82>
23. <https://teplonasos.kiev.ua/ua/raschyot-teplovogo-nasosa/>
24. <https://corelamps.com/dzherela-zhyvlennia/akumuliator/>
25. <https://voltmarket.ua/ua/luchshie-akkumulyatory-dlya-solnechnykh-batarei>
26. <https://btsgr.com.ua/ustatkuvannya/generatori-gazov-2/voden.html>