

Є. Корнієнко, О. Ляшенко, А. Торба

МЕТОД КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Актуальність. У сучасних умовах питання енергоефективності та використання альтернативних джерел енергії є актуальними й важливими. Зокрема сонячна енергетика є однією з найбільш перспективних галузей у вирішенні цих проблем. Для оптимального застосування сонячної енергії потрібно контролювати й керувати процесом генерації. Необхідний метод, який би керував системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій та мав гнучкі режими роботи. Створення методу ефективного пошуку точки максимальної потужності та системи генерації електроенергії загалом є основним завданням статті. **Мета роботи** – дослідити та розробити метод керування системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій. **Предметом дослідження** є метод керування та контролю системи генерації електроенергії. **Об'єктом** є процес керування та контролю системи генерації електроенергії. **Методи дослідження** – це методи роботи сонячної панелі за умови максимальної потужності: PWM (*Pulse Width Modulation*) та MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). **Результати роботи.** У статті запропоновано метод керування системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій. Для генерації електроенергії обрано сонячну панель і генератор. Контроль генерації та функціонування системи базується на роботі мікроконтролера, що передає поточні дані та може контролювати систему мобільного застосування через Wi-Fi-модуль. Зазначений метод може бути використаний у "Розумному будинку" та інших системах, спрямованих на стале енергоживлення споживачів. **Висновок.** Розроблений метод керування системою генерації електроенергії планується застосовувати в подальшому в системах сталого живлення споживачів. Надалі метод може бути вдосконалений унаслідок інтеграції з іншими бездротовими технологіями та додавання інших об'єктів генерації електроенергії.

Ключові слова: система генерації електроенергії; бездротові технології; мікроконтролер; мобільний застосунок; інвертор; точка максимальної напруги; MPPT; PWM.

Вступ

Сучасний світ потребує постійного зростання генерації електроенергії, що зумовлено збільшенням населення та поширенням різноманітних електричних пристроїв. До того ж одним із найважливіших напрямів розвитку енергетики є використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної. Однак для ефективного та стабільного функціонування систем генерації електроенергії на основі сонячних панелей необхідно розробити високоефективні та стабільні методи керування й моніторингу [1–3]. У статті запропоновано стабільну систему генерації електроенергії, що має на меті забезпечити споживача стабільним доступом до електроенергії. Для вирішення завдання розроблено систему з чотирма джерелами електроенергії: сонячна панель, генератор, електромережа та акумулятори.

Аналіз наявних рішень показав [4, 5], що для роботи сонячної панелі за максимальної потужності в певних умовах застосовуються такі підходи:

1) PWM (*Pulse Width Modulation*) – принцип, відповідно до якого береться напруга в точці максимальної потужності для сонячної панелі,

і система підтримує цю напругу протягом роботи генерації. Недоліком такого підходу є зміна напруги в точці максимальної потужності залежно від умов освітленості, температури тощо;

2) MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) – спосіб отримання максимально можливої потужності на виході фотомодулів, принцип якого полягає в постійному скануванні потужності в точці біля точки максимальної потужності. Недоліком є коливання потужності під час сканування, що зменшує генерацію сумарної потужності.

Постановка проблеми

PWM- та MPPT-методи мають недоліки, тому постає проблема сталого функціонування системи та розроблення методу роботи сонячної панелі за максимальної потужності. Необхідно обрати й дослідити метод, що має мінімізувати вищезазначені проблеми й недоліки наявних рішень.

Для забезпечення контролю та моніторингу системи обрано мікроконтролер PIC версії 16f18877, що має перевагу серед інших, а саме наявність великої кількості апаратних модулів, зокрема:

ADC (аналого-цифровий перетворювач) для вимірювання напруги, струму та температури, CCP (*Capture, Compare and Pulse Width Modulation*) – для формування широтно-імпульсної модуляції, компаратор – для апаратного захисту перевищення струму й напруги. Крім того, менша вартість порівняно з аналогами була одним із факторів обрання мікроконтролера [6].

Мобільний застосунок має контролювати систему. Аналізуючи підходи до побудови інтерфейсу, архітектури та основних технологій, з'ясовано, що технологічними й сучасними підходами будуть такі: *Jetpack Compose* для побудови UI-інтерфейсу, MVVM-архітектура та *Coroutines* для реалізації багатопотоковості в застосунку.

Система генерації ґрунтується на розробленні електричної схеми, що має на меті застосувати різного типу перетворювачі, зокрема всі типи інверторів, коректори коефіцієнта потужності, зарядний пристрій та інші схемотехнічні компоненти.

Основна частина

На сьогодні існує велика кількість технологій і методів керування системами генерації електроенергії

на основі сонячних панелей та інших джерел генерації електроенергії [7, 8]. Основними вимогами до систем керування є точність, швидкість реагування, енергоефективність і надійність [9, 10]. Але постає завдання – розробити цілісну та ефективну систему, що має гнучкі режими керування, які забезпечать стабільне подання енергоносіїв до споживача. Тому в дослідженні запропоновано режими роботи системи (рис. 1). Якщо сонячні панелі в активному стані та вистачає потужності на споживання об'єктів, то надмірно вироблена електроенергія йде до акумуляторів до повного зарядження, у разі заряджених акумуляторів надлишково вироблена електроенергія йде до електромережі, за "зеленим тарифом". Якщо виробленої електроенергії на потреби споживача не вистачає, то працюють акумулятори, у разі відсутності заряду на них – додаткове живлення йде з електромережі, додатково заряджаючи акумулятори. У разі ситуації, коли немає напруги в електромережі, вмикається дизельний або бензиновий генератор.

Робота створеної системи ґрунтується на керуванні таких її частин: перетворювачів, коректорів коефіцієнта напруги, зарядного пристрою, Wi-Fi-модуля тощо.

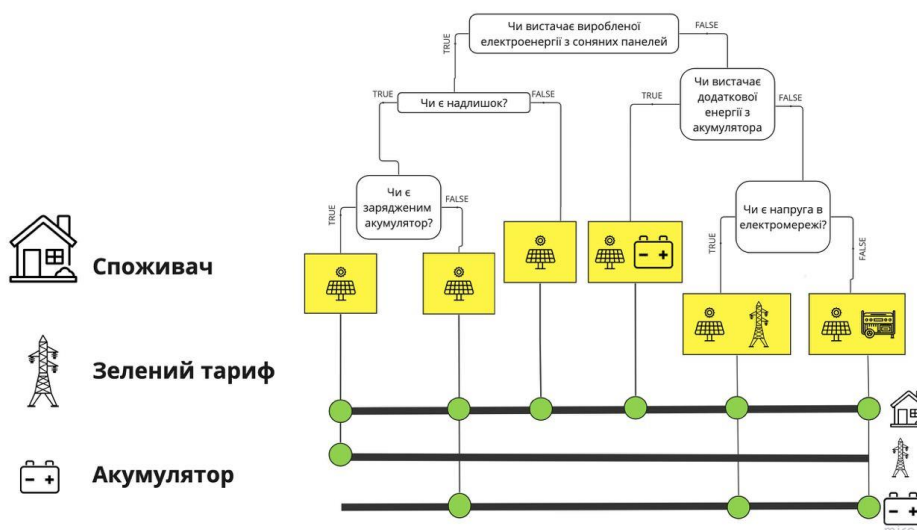


Рис. 1. Режими роботи системи

Центральним об'єктом системи є ланка постійного струму, напруга в якій дорівнює 400 В (рис. 2).

Система має чотири джерела електроенергії: сонячна панель, дизельний або бензиновий генератор, електромережа й акумулятор (що може заряджатися з перших двох джерел).

Також для функціонування системи обрано такі елементи:

1) Перетворювач типу "постійний струм – постійний струм", що перетворює напругу акумулятора з 12–48 В до 400 В.

2) Зарядний пристрій, який може заряджати акумулятор з ланки постійного струму. Залежно від

типу акумулятора існують різні алгоритми заряду. Так, наприклад, для заряджання літєвих акумуляторів не використовується "буферний" режим, бо він призводить до зменшення циклів заряду й розряду. Тому для цього типу акумуляторів застосовується принцип повного відключення від заряду в разі повного заряду. Друга відмінність полягає в різниці струмів заряду. Так, наприклад, для кислотних типів акумуляторів вважається номінальним 0,1 С (ємності акумуляторів), а для літєвих – 0,5 ... 1 С. Кислотні акумулятори (або свинцево-кислотні) мають нижчу швидкість заряду, порівняно з літєвими акумуляторами.

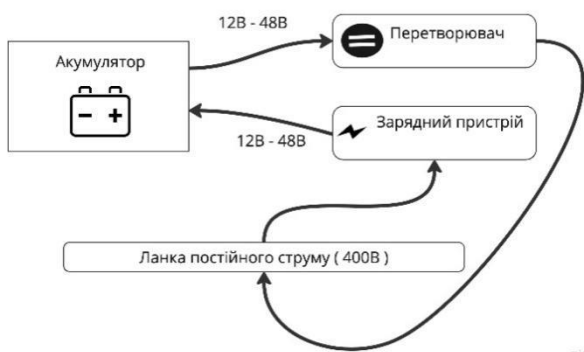


Рис. 2. Схема з'єднання акумулятора й ланки постійного струму

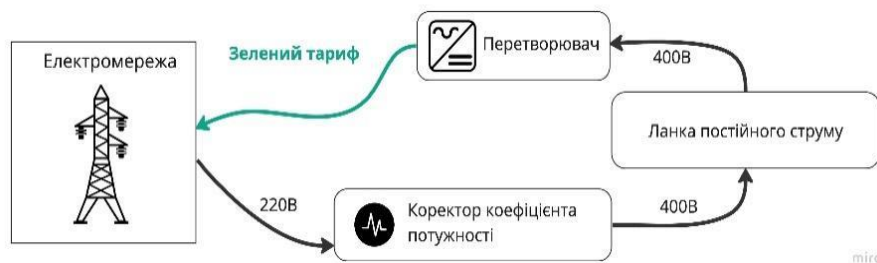


Рис. 3. Схема з'єднання мережі та ланки постійного струму

Дистанційний контроль та моніторинг системи генерації електроенергії може виконуватися з пульта управління, але цей підхід не є оптимальним і має недоліки.

1) Установлення. Дротові системи потребують більш складного й трудомісткого процесу встановлення, оскільки необхідно прокласти кабелі між різними компонентами системи. Це може збільшити вартість і час встановлення.

2) Обмеження в розміщенні. У деяких випадках дротові системи контролю та моніторингу обмежують можливості розміщення обладнання через необхідність прокладання кабелів. Це може вплинути на гнучкість і оптимальність розміщення компонентів системи.

3) Коректор коефіцієнта потужності (присєднання до електромережі) переводить змінний струм на постійний [11]. Схема також має містити функціонал АВР (автоматичного введення резерву), сигнал на який подається з мікроконтролера, у разі малої залишкової ємності на акумуляторі, за відсутності напруги в електромережі, недостатньої освітленості та малої залишкової ємності в акумуляторі.

4) Перетворювач – інвертор [12], що переводить постійний струм з ланки постійного струму в змінний до споживачів.

5) Перетворювач із постійного струму до змінного. Розташований між ланкою постійного струму та мережею. Живить мережу в разі надлишкової виробленої електроенергії.

6) Коректор коефіцієнта потужності (PFC). Розміщується між ланкою мережі та ланкою постійного струму. Переводить змінний струм з мережі до постійного струму (400 В). Аналізуючи подібні коректори, робимо висновок, що напруга не завжди буде 400 В, можливі коливання 390–400 В. Саме це необхідно мати на увазі в процесі проектування робочої схеми (рис. 3).

3) Надійність. Дротові системи схильні до переривання зв'язку через пошкодження кабелів, корозію, "втому" матеріалів або поганий контакт між компонентами. Це впливатиме на надійність і стабільність системи.

4) Естетика. Відкриті кабелі створюють проблеми з естетикою та безпекою, особливо в приватних будинках або комерційних приміщеннях, де зовнішній вигляд є важливим.

5) Масштабованість. Додавання або заміна компонентів у дротових системах може потребувати додаткових зусиль і витрат на модифікацію або прокладання нових кабелів. Тому бездротові системи

контролю та моніторингу зазвичай пропонують кращу масштабованість і гнучкість.

б) Вартість. Залежно від обсягу проєкту та компонентів системи, дротові технології можуть мати вищу вартість, пов'язану з кабелями та встановленням.

Зважаючи на недоліки дротових систем контролю та моніторингу, бездротові технології, такі як *Wi-Fi* та *Bluetooth*, стають дедалі більш привабливими в контексті контролю системи генерації електроенергії [13, 14]. Вони забезпечують більш гнучке, надійне та легкомасштабоване рішення для моніторингу й керування системами генерації електроенергії на основі сонячних панелей та інших відновлюваних джерел.

Крім того, бездротові технології забезпечують зручність і швидкість передачі даних у режимі реального часу, що дає змогу операторам системи миттєво відстежувати стан обладнання, вирішувати проблеми та здійснювати оптимальне керування.

Застосування бездротових технологій також відкриває нові можливості для інтеграції з іншими "розумними" пристроями та системами, завдяки чому створюються більш "розумні" та автоматизовані системи енергозабезпечення. Наприклад, можна інтегрувати контроль і моніторинг сонячної панелі із системою "Розумний будинок" або використовувати мобільні застосунки для віддаленого керування та спостереження [15].

Бездротові технології, такі як *Wi-Fi* та *Bluetooth*, мають низку переваг порівняно з дротовими технологіями в контексті контролю системи генерації електроенергії.

1) Гнучкість і мобільність. Бездротові технології дають змогу контролювати систему з будь-якої точки з покриттям сигналом. Завдяки цьому легко моніторити та керувати системою на відстані без потреби встановлення додаткових кабелів.

2) Більший радіус дії (для *Wi-Fi*). *Wi-Fi* забезпечує більший радіус дії порівняно з *Bluetooth* і дротовими з'єднаннями, що дає змогу контролювати й моніторити систему на більшій відстані.

3) Зручність. Бездротові технології забезпечують простий і зручний доступ до системи контролю та моніторингу з допомогою мобільних пристроїв, зокрема смартфонів і планшетів.

4) Швидкість та ефективність. Бездротові технології, такі як *Wi-Fi*, забезпечують високу швидкість передачі даних, що сприяє швидшому оновленню інформації та реагуванню на зміни в системі.

5) Віддалений доступ. Завдяки інтеграції з інтернетом бездротові технології дають змогу користувачам контролювати й моніторити систему навіть на відстані, забезпечуючи зручність і вчасність управління.

б) Зниження витрат на інфраструктуру. Відсутність необхідності в прокладанні кабелів знижує витрати на встановлення та підтримку системи контролю й моніторингу.

Отже, за переліченими вище факторами комунікація між мікроконтролером і мобільним пристроєм виконується за допомогою *Wi-Fi*-модуля (рис. 4). Для комунікації застосовується модуль ESP8266-ESP-12S.

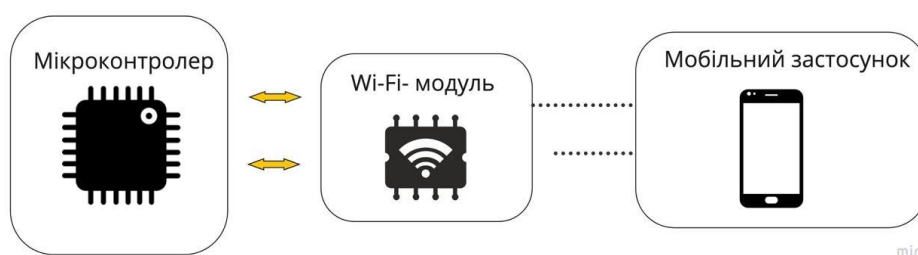


Рис. 4. Схема з'єднання мікроконтролера й мобільного застосунку

Комунікація здійснюється через програмну шину UART, що є одним із способів передачі даних. Ця шина передає інформацію в асинхронному режимі, що означає, що він не потребує окремого сигналу тактової частоти для синхронізації передачі та прийому інформації. Для коректної передачі даних потрібно налаштувати параметри програмної шини.

Загальне поєднання елементів (рис. 5) робить систему гнучкою, контрольованою та вирішує поставлене завдання.

Проаналізовані підходи з отримання максимальної потужності показали, що кожен із методів має недоліки. Вирішення завдання полягає в поєднанні двох методів для мінімізації недоліків кожного з них.

MPPT – це контролер, що слідкує за точкою максимуму потужності в певних умовах. Пошук точки максимальної потужності на сонячній батареї

необхідний для оптимальної роботи сонячної електростанції та забезпечення максимального коефіцієнта корисної дії.

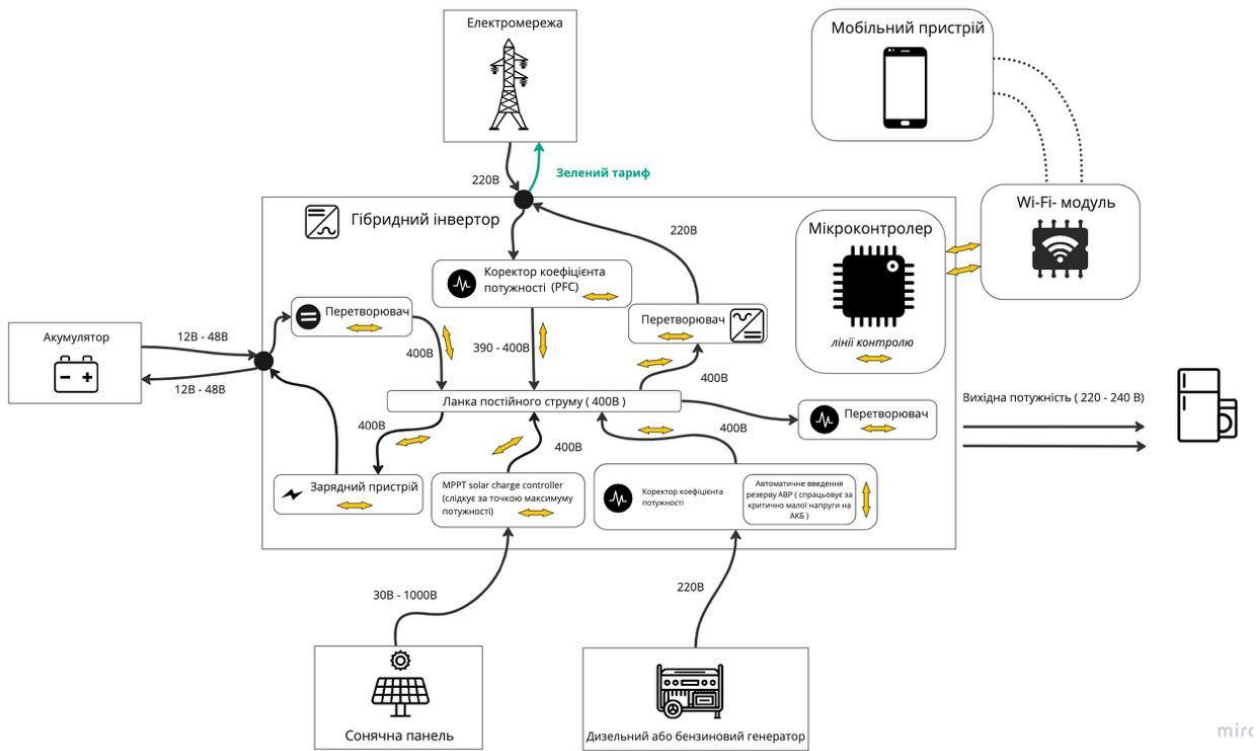


Рис. 5. Загальна схема функціонування системи

Пошук точки максимальної потужності дає змогу:

- 1) оптимізувати роботу сонячної батареї за різних погодних умов і впродовж усього дня;
- 2) забезпечити найвищу енергетичну продуктивність сонячної батареї;
- 3) зменшити втрати енергії внаслідок коливань умов освітлення й температури.

Для того, щоб знайти точку максимальної потужності за визначених умов, було проведено дослідження. Мета експерименту досягалася завдяки зміні спротиву навантаження. Для цього була побудована електрична схема (рис. 6), що давала змогу мікроконтролеру зчитувати поточні дані напруги та струму й миттєво порахувати потужність.

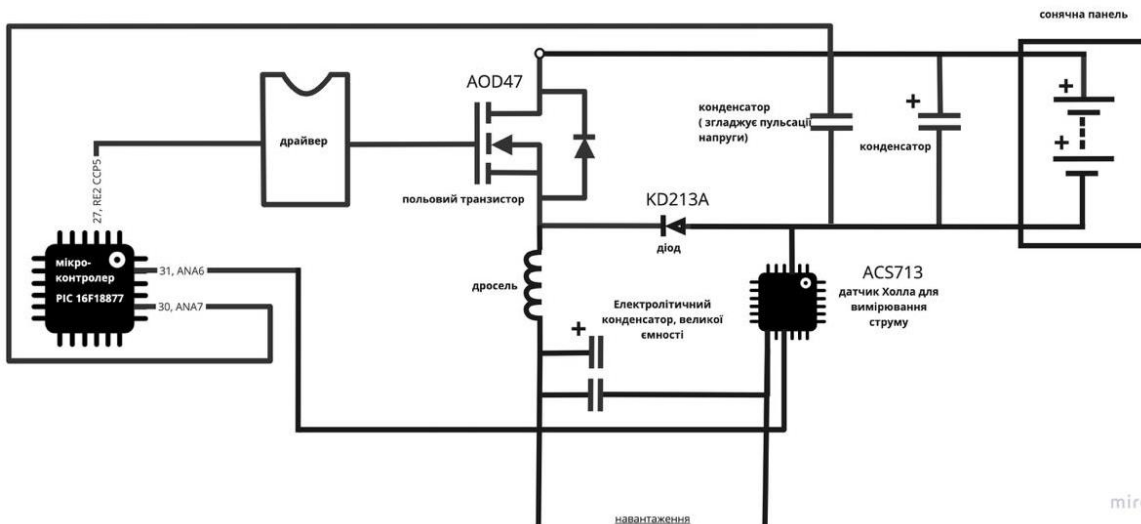


Рис. 6. Електрична схема для пошуку точки максимальної потужності

Обрана сонячна панель має кілька характеристик, що перелічені в табл. 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики сонячної панелі

Технічні характеристики сонячної панелі	
Номинальна потужність (W), Вт	10
Напруга холостого ходу (V), В	21,52
Струм короткого замикання (I), А	0,66
Максимальна напруга за умови W, V	17,5
Максимальний струм за умови W, A	0,6
ККД, %	21

Збільшення струму від нуля до струму короткого замикання відбувається завдяки керуванню з мікроконтролера роботою польового транзистора. Мікроконтролер регулює шпаруватість імпульсів на транзисторі, унаслідок чого зменшується напруга з напруги холостого ходу до нуля, та збільшується струм з нуля до струму короткого замикання. За результатами дослідження побудовано залежність потужності від струму (рис. 7).

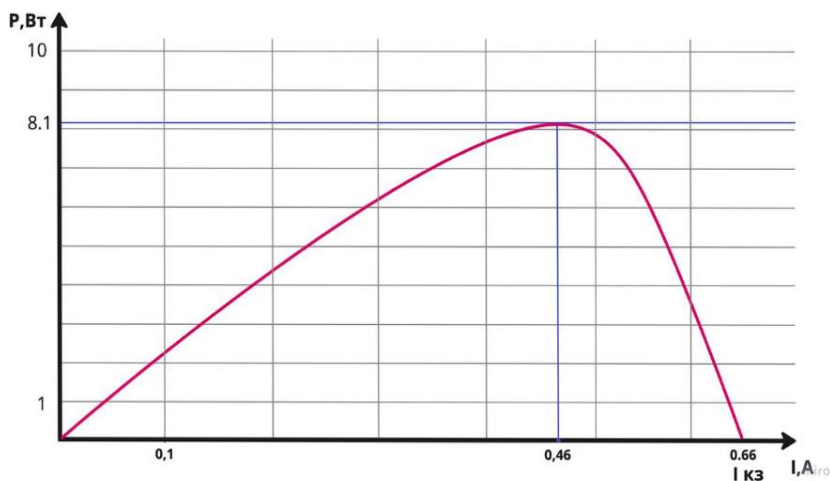


Рис. 7. Графік залежності потужності від струму

Експеримент показав найбільшу потужність у точці 8,1 Вт за умови струму 0,46 А, що є на графіку точкою екстремуму. Точка екстремуму тільки одна. Якщо точка одна, то алгоритм пошуку максимальної потужності відбувається шляхом найпростішого порівняння двох сусідніх вимірювань (рис. 8).

Обрання частоти ШІМ (широтно-імпульсної модуляції) відбувалося на підставі таких чинників:

- 1) частота не є меншою за 20 кГц (звукова частота);
- 2) що вища частота, то більші динамічні втрати на польовому транзисторі;
- 3) що вища частота, то менша індуктивність дроселя необхідна.

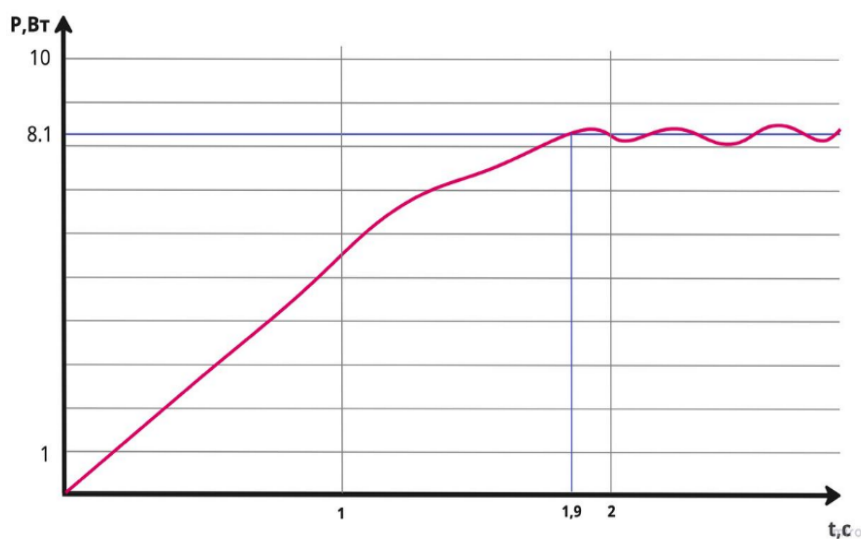


Рис. 8. Графік залежності потужності від часу в процесі пошуку точки максимальної потужності

На підставі цих чинників обрано частоту 24 кГц. Період коливань є величиною, зворотною до частоти коливань. Тому період дорівнює $1/24000 = 0,0000416 \text{ с} = 41,6 \text{ }\mu\text{s}$. Ширина імпульсу

обчислюється за формулою $\frac{T}{100} \times n$, де T – період; n – шпаруватість у відсотках. За цими розрахунками була побудована таблиця широтно-імпульсної модуляції в умовах різної шпаруватості (рис. 9).




Шпаруваність імпульсів	Широтно-імпульсна модуляція	Ширина Імпульсу, μs
15%		6,25
25%		10,4
40%		16,6
55%		22,9
65%		27
80%		33,3
90%		37,5

Рис. 9. Таблиця ШІМ в умовах різної шпаруватості

Також у межах роботи досліджено вплив освітлення на напругу й точку максимальної потужності. За результатами вимірювань з'ясовано:

що менша освітленість, то менша точка максимальної потужності, а напруга коливається в незначному діапазоні, порівняно зі струмом (рис. 10).

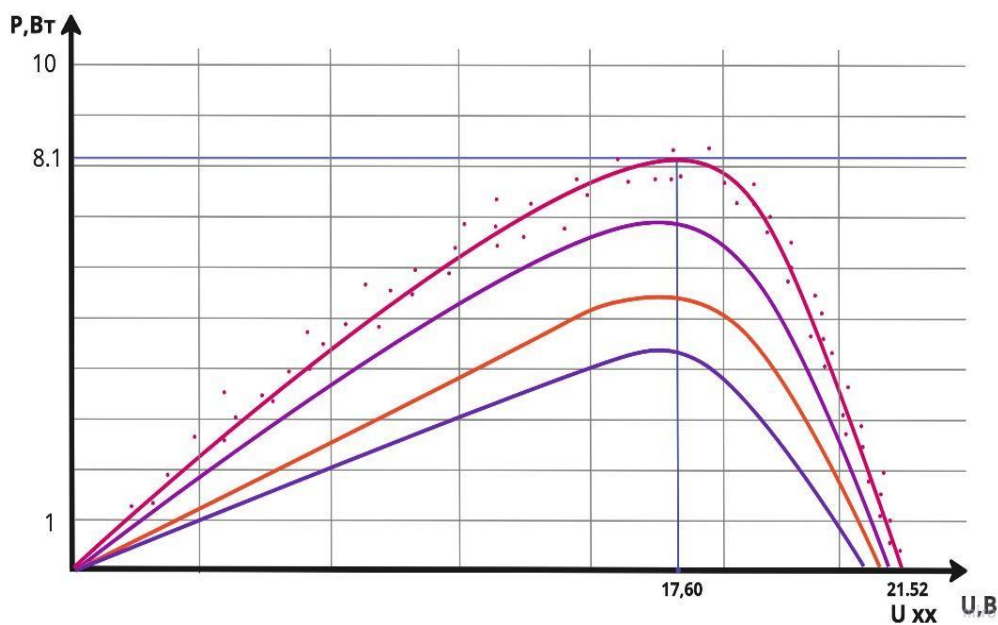


Рис. 10. Графік залежності потужності від напруги

За результатами досліджень визначено:

1) форма графіка залежності потужності від напруги не змінна й має один екстремум функції на проміжку, тобто точка максимальної потужності одна;

2) напруга в точках максимальної потужності за різних умов коливається в незначному діапазоні, на відміну від струму;

3) сонячні батареї мають характеристики, що змінюються залежно від умов освітлення, температури й навантаження. Тому, щоб забезпечити найвищу ефективність перетворення сонячної енергії в електричну, необхідно встановити режим роботи сонячної батареї в точці максимальної потужності, використовуючи PWM-принцип для пошуку ділянки, де розміщена точка максимальної потужності (визначається виробником), та MPPT-принцип для коригування й уточнення точки максимальної потужності. Після уточнення положення цієї точки знову використовуємо PWM до зміни вихідної потужності, тобто зміни умов роботи сонячної панелі.

Висновки

Унаслідок проведених досліджень розроблено метод керування системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій. У статті проаналізовано цей метод. Для керування системою було обрано мікроконтролер PIC 16f18877. Для комунікації між процесором і застосунком використовувався модуль ESP8266-ESP-12S. Побудова UI – інтерфейсу застосунку – ґрунтується на технології *Jetpack Compose*. Зазначений метод може використовуватися в системі "Розумний будинок" або в інших системах сталого живлення споживачів.

Дослідження показали, що точка максимальної потужності залежить від освітлення, напруга коливається в незначному діапазоні, на відміну від струму. До того ж форма графіка залежності потужності від напруги не змінна.

Мета розробленого методу пошуку точки максимальної потужності – на основі наявних рішень знайти принцип, що мінімізує недоліки кожного з них. Метод пошуку точки максимальної напруги є комбінацією методів MPPT і PWM.

Список літератури

1. Acharya S., Aithal P. S. Innovations in effective management of energy using green technology. *International Journal of Conceptions on Management and Social Sciences*. № 3(2). 2015. P. 18–22.
2. Acharya S., & Aithal P. S. Opportunities and Challenges for Producing Solar Energy In Every Indian Home – A Case Study. *International Journal of Case Studies in Business, IT and Education (IJCSBE)*. 2017. 1(2). P. 114–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1133921>
3. Andrusevich A., Omarov S., Starodubcev N., Nevliudova V. Study of the influence of the modern robotization level on the challenges and risks of the economic security of an industrial enterprise, *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2022. № 3 (21). P. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.070>
4. Comparison of Different MPPT Algorithms with a Proposed One Using a Power Estimator for Grid Connected PV Systems. Publishing Open Access research journals & papers Hindawi. URL: <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2016/1728398> (дата звернення: 24.04.2023)
5. Amit Kumer Podder, Naruttam Kumar Roy, Hemanshu Roy Pota MPPT methods for solar PV systems: a critical review based on tracking nature. *IET Renewable Power Generation*. Vol. 13. Issue 10. 2019. P. 1615–1822. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.5946>
6. PIC16F18877. *Empowering Innovation Microchip Technology*. URL: <https://www.microchip.com/en-us/product/PIC16F18877> (дата звернення: 05.04.2023)
7. Wallies Thounaojam, Ebenezer V., Avinash Balekundri Design and development of microcontroller based solar charge controller. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2014. Vol. 4(5). P. 510–513. URL: https://www.academia.edu/25724127/Design_and_Development_of_Microcontroller_Based_Solar_Charge_Controller
8. Fude Liu, Wentao Wang, Lei Wang and Guandong Yang MScWorking principles of solar and other energy conversion cells. *Nanomaterials and Energy*. 2013. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.1680/nme.12.00024>
9. Wenjie Li, Song Jin Design Principles and Developments of Integrated Solar Flow Batteries. *Acc. Chem. Res.* 2020. P. 2611–2621 DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.0c00373>

10. Demenkova T., Korzhova O., Phinenko A. Modelling of Algorithms for Solar Panels Control Systems. *Procedia Computer Science*. 2017. P. 589–596. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.072>
11. Khomuliak M., Pylhun A. Control system for positioning of solar panel. *Computer systems and network*. 2018. P. 137–141. DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2018.905.137>
12. Vaicys J., Norkevicius P., Baronas, A., Gudzius, S., Jonaitis, A., Peftitsis, D. Efficiency Evaluation of the Dual System Power Inverter for On-Grid Photovoltaic System. *Energie*. 2022. № 15(1). 161. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15010161>
13. Chaloo R., Oladeinde A., Yilmazer N., Ozcelik S., Chaloo L. An Overview and Assessment of Wireless Technologies and Co- existence of ZigBee, Bluetooth and Wi-Fi Devices. *Procedia Computer Science*. 2012. P. 386–391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.09.091>
14. Князев В. В., Лазуренко Б. О., Серков О. А. Методи і засоби оцінки рівня завадостійкості безпроводних каналів зв'язку. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2022. № 1 (19). С. 92–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.092>
15. Practical Power Factor Correction Power Factor Electronics Textbook. All About Circuits. Electrical Engineering & Electronics Community. 2020. URL: <https://instrumentationtools.com/topic/practical-power-factor-correction/>

References

1. Acharya, S., Aithal, P. S. (2015), "Innovations in effective management of energy using green technology", *International Journal of Conceptions on Management and Social Sciences*, No. 3 (2), P. 18–22.
2. Acharya, S., Aithal, P. S. (2017), "Opportunities and Challenges for Producing Solar Energy In Every Indian Home – A Case Study", *International Journal of Case Studies in Busines, IT and Education (IJCSBE)*, No. 1(2), P. 114–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1133921>
3. Andrushevich, A., Omarov, S., Starodubcev, N., Nevliudova, V. (2022), "Study of the influence of the modern robotization level on the challenges and risks of the economic security of an industrial enterprise", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (21), P. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.070>
4. Hlaili, M., Mechergu, H., (2016), "Comparison of Different MPPT Algorithms with a Proposed One Using a Power Estimator for Grid Connected PV Systems", *International Journal of Photoenergy*. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/1728398>
5. Podder, A. K., Roy, N. K., Pota, H. R. (2019), "MPPT methods for solar PV systems: a critical review based on tracking nature", *IET Renewable Power Generation*, Vol. 13, Issue 10, P. 1615–1632. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2018.5946>
6. "PIC16F18877", *Empowering Innovation Microchip Technology*, available at: <https://www.microchip.com/en-us/product/PIC16F18877> (last accessed 05.04.2023)
7. Thounaojam, W., Ebenezer, V., Balekundri, A., (2014), "Design and development of microcontroller based solar charge controller", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 4(5), P. 510–513. available at: https://www.academia.edu/25724127/Design_and_Development_of_Microcontroller_Based_Solar_Charge_Controller
8. Liu, F., Wang, W., Wang, L., Yang, G., (2013), "Working principles of solar and other energy conversion cells", *Nanomaterials and Energy*, Vol. 2 (1), P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.1680/nme.12.00024>
9. Li, W., Jin, S., (2020), "Design Principles and Developments of Integrated Solar Flow Batteries", *Acc. Chem. Res*, P. 2611–2621. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.0c00373>
10. Demenkova, T., Korzhova, O., Phinenko, A. (2017), "Modelling of Algorithms for Solar Panels Control Systems", *Procedia Computer Science*, P. 589–596. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.072>
11. Khomuliak, M., Pylhun, A. (2018), "Control system for positioning of solar panel", *Computer systems and network*, P. 137–141. DOI: <https://doi.org/10.23939/csn2018.905.137>
12. Vaicys, J., Norkevicius, P., Baronas, A., Gudzius, S., Jonaitis, A., Peftitsis, D. (2022), "Efficiency Evaluation of the Dual System Power Inverter for On-Grid Photovoltaic System", *Energies*, No.15(1), 161. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15010161>
13. Chaloo, R., Oladeinde, A., Yilmazer, N., Ozcelik, S., Chaloo, L. (2013), "An Overview and Assessment of Wireless Technologies and Co- existence of ZigBee, Bluetooth and Wi-Fi Devices", *Procedia Computer Science*, P. 386–391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.09.091>
14. Knyazev, V., Lazurenko, B., Serkov, A. (2022), "Methods and tools for assessing the level of noise immunity of wireless communication channels", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (19), P. 92–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.092>
15. (2020), "Practical Power Factor Correction Power Factor Electronics Textbook. All About Circuits", *Electrical Engineering & Electronics Community*, available at: <https://instrumentationtools.com/topic/practical-power-factor-correction/>

Відомості про авторів / About the Authors

Корнієнко Єгор Дмитрович – Харківський національний університет радіоелектроніки, студент кафедри електронних обчислювальних машин, Харків, Україна; e-mail: yehor.korniienko@nure.ua; ORCID:0009-0002-7274-2815

Ляшенко Олексій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри електронних обчислювальних машин, Харків, Україна; e-mail: oleksii.liashenko@nure.ua; ORCID: 0000-0002-0146-3934

Торба Александр Алексєєвич – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри електронних обчислювальних машин, Харків, Україна; e-mail: alexandr.torba@nure.ua; ORCID:0000-0003-2993-2955

Korniienko Yehor – Kharkiv National University of Radio Electronics, Student at the Department of Electronic Computers, Kharkiv, Ukraine.

Liashenko Oleksii – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Associate Professor at the Department of Electronic Computers, Kharkiv, Ukraine.

Torba Aleksandr – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Professor at the Department of Electronic Computers, Kharkiv, Ukraine.

MANAGEMENT METHOD OF ELECTRICITY GENERATION SYSTEM USING WIRELESS TECHNOLOGIES

The subject of the study is the method of control and monitoring of the electricity generation system. **The goal of the work** is to investigate and develop a method for controlling the electricity generation system using wireless technologies. **Relevance.** The issues of energy efficiency and the use of alternative energy sources are relevant and important in modern conditions. In particular, solar energy is one of the most perspective areas in solving these problems. It is necessary to have the ability to monitor and control the generation process for optimal use of solar energy. The developed method should control the power generation system using wireless technologies and have flexible modes of operation. The development of the method of effective search for the point of maximum power and the power generation system in general is one of the most important tasks of the work. **The object of the study** is the process of control and monitoring of the electricity generation system. **Research methods.** Solar panel operation methods at maximum power: PWM (Pulse Width Modulation) and MPPT (Maximum Power Point Tracking). **Results.** The management method for the electricity generation system using wireless technologies is proposed in this work. A solar panel and a generator were chosen for electricity generation. The control of generation and system operation is based on the work of a microcontroller, which, in turn, transmits current data and the ability to control the system to a mobile application via a Wi-Fi module. This method can be used in a "Smart Home" system and other systems aimed at sustainable energy supply for consumers. **Conclusion.** The developed management method of the electricity generation system is planned to be used in systems of sustainable power supply for consumers. The method can be improved by integrating with other wireless technologies and adding other objects of electricity generation in the future.

Keywords: electricity generation system; wireless technologies; microcontroller; mobile application; inverter; maximum voltage points.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Корнієнко Є. Д., Ляшенко О. С., Торба А. А. Метод керування системою генерації електроенергії з використанням бездротових технологій. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 2 (24). С. 80–89. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.080>

Korniienko Y., Liashenko O., Torba A. (2023), "Management method of electricity generation system using wireless technologies", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (24), P. 80–89. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.080>