

УДК 621.3.087.45

DOI: 10.37128/2520-6168-2019-3-13

**МОБІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

Стаднік Микола Іванович, д.т.н., доцент
Рогач Валентин Петрович, магістрант
Вінницький національний аграрний університет
Проценко Дмитро Петрович, к.т.н., доцент
Вінницький національний технічний університет

N. Stadnik, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
V. Rohach, magistant
Vinnytsia National Agrarian University
D. Protsenko, PhD, Associate Professor
Vinnytsia National Technical University

В статті проведений аналіз підходів щодо розробки пристрою для безперервного моніторингу електричних параметрів генерації сонячних панелей. В процесі дослідження запропоновано розширити можливості пристрою в порівнянні з існуючими аналогами для більш точного врахування основних факторів які впливають на рівень генерації електроенергії сонячними панелями. Запропонований пристрій було використано для дослідження режимів роботи сонячних панелей типу ABI CL P60260. Отримані результати моніторингу можуть бути використані для прогнозування рівня генерації в місці їх встановлення. Розроблені підходи щодо побудови апаратно-програмного комплексу для моніторингу електричних параметрів генерації сонячної панелі дозволяють визначати характеристики генерації безпосередньо на місці їх інсталяції в заданих географічних координатах. Крім того, фіксація зміни генерування в залежності від погодних умов, протягом тривалого часу, дозволить отримати кореляційні залежності для прогнозування рівня генерації, що є важливим при формуванні автономних систем електропостачання.

Ключові слова: сонячна панель, пристрій моніторингу, генерація електроенергії, мікроконтролер, погодна станція.

Ф.4. Рис. 5. Літ. 13.

1. Постановка проблеми

В процесі проектування автономних фотоелектричних систем важливою є задача розрахунку та вибору необхідної кількості сонячних панелей та параметрів їх оптимальної інсталяції [1].

Як відомо величина вихідної потужності сонячних панелей залежить від багатьох зовнішніх факторів, таких як: величина сонячної радіації яку поглинає панель, температура навколишнього середовища, матеріал та технологія виготовлення фотоелектричних елементів, управління величиною генерованої потужності з врахування вольт-амперної характеристики панелі [2]. Існує велика кількість математичних моделей, які описують оптимальні параметри інсталяції та використання енергії сонячних панелей, однак всі вони потребують перевірки та адаптації до умов конкретного регіону, що неможливо без виконання ряду експериментальних моніторингових досліджень з використанням сучасних вимірювальних пристроїв.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Системи комерційного обліку електроенергії та вбудовані вимірювальні можливості інверторів та перетворювальних пристроїв, якими комплектуються автономні фотоелектричні системи, не дозволяють встановити залежності генерації потужності від зовнішніх факторів та умов інсталяції [3]. Запропоновані в роботах [4, 5] пристрої дозволяють знаходити точку максимального відбору потужності в умовах зміни кута та освітленості, при цьому не враховуються зміни умови зовнішнього середовища. Пристрої вимірювання параметрів генерації сонячними панелями [6, 7] мають стаціонарне виконання, що унеможливає їх використання в польових умовах для аналізу параметрів генерації на вже встановлених панелях.

3. Мета дослідження

Отже метою роботи є визначення необхідних параметрів та характеристик апаратно-програмного комплексу для моніторингу електричних параметрів генерації сонячної панелі при різних значеннях кута встановлення в заданих географічних координатах, з врахуванням погодних умов.

1. Основні результати дослідження

В останні роки дослідники розробили багато методів для отримання максимальної генерації енергії фотоелектричних панелей які можна класифікувати на дві групи. Перша група включає методи знаходження максимальної точки потужності за рахунок використання контролерів з різноманітними алгоритмами які відслідковують електричні параметри фотоелектричних панелей та забезпечують їх роботу в точці близькій до максимуму вихідної потужності.

Другу групу складали методи визначення та забезпечення оптимального кута нахилу сонячних панелей, в залежності від географічних координат, сонячної активності, погодних умов температури сонячної панелі та інше. Якщо перша група методів має визначені характеристики та параметри оптимізації та їх реалізація залежить від алгоритму контролера інвертора, то друга група методів характеризується багатфакторним впливом та ймовірнісним характером їх зміни. Тому для визначення оптимального нахилу сонячних панелей необхідно здійснювати автоматичну фіксацію параметрів генерації для різних кутів установки, при зміні параметрів, які впливають на генеровану потужність.

Аналізуючи характеристики сонячних панелей можна відзначити залежність потужності генерації від інтенсивності випромінювання та температури сонячної панелі. Ці залежності відбивають відповідні вольт-амперні характеристики, для прикладу розглянемо характеристики полікристалічної сонячної панелі MAXPOWER CS6U-345P [8], які зображено на рис. 1.

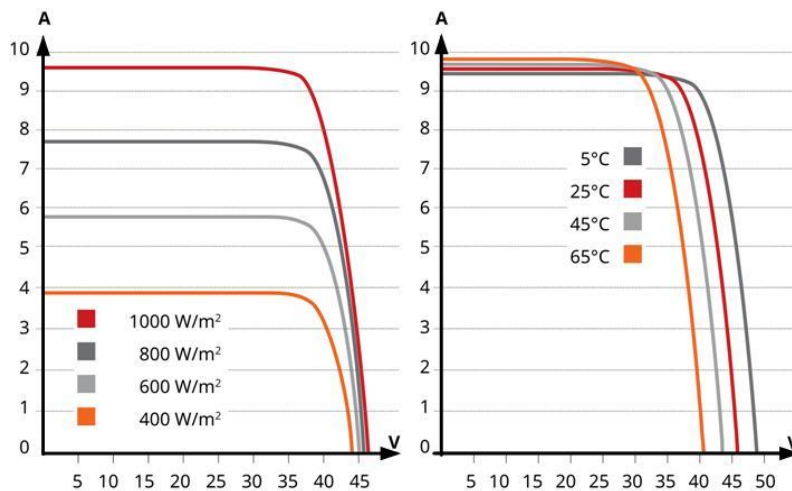


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики сонячної панелі MAXPOWER CS6U-345P

Як видно із наведених характеристик найбільший вплив на генерацію чинить інтенсивність випромінювання джерела світла, яка в свою чергу залежить від багатьох зовнішніх факторів [6, 7].

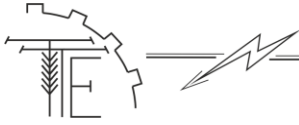
Якщо сонячні батареї встановлюються під деяким кутом β до горизонту, то середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, може бути визначена за формулою [1]:

$$E_n = R \cdot E, \quad (1)$$

де E - середньомісячна денна сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню; R - відношення середньомісячної денної кількості сонячної радіації, що надходить на похилу і горизонтальну поверхні.

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальної площини на похилу з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, що відповідають прямому, розсіяному і відбитому сонячному випромінюванню [1]:

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos\beta}{2}, \quad (2)$$



де E_p - середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання, що надходить на горизонтальну поверхню; E_p / E - середньомісячна денна частка розсіяного (дифузійного) сонячного випромінювання; R_{π} - середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню; β - кут нахилу поверхні сонячної батареї до горизонту; ρ - коефіцієнт відображення (альbedo) поверхні Землі і навколишніх тіл, зазвичай що дорівнює 0,7 для зими і 0,2 для літа.

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню [3]:

$$R_{\pi} = \frac{\cos(\phi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_{\text{зн}} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{\text{зн}} \cdot \sin(\phi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta}, \quad (3)$$

де ϕ - широта місцевості, град; β - кут нахилу сонячної батареї до горизонту, град; δ - схил Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора) в середній день місяця, град; ω_3 - кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні, град; $\omega_{\text{зн}}$ - кут заходу Сонця для похилій поверхні з південною орієнтацією, град.

Тому, для правильної інсталяції панелей потрібно враховувати географічні координати, пору року, та погодні умови в даному регіоні. Головним недоліком існуючих підходів до визначення потужності генерування та оптимальних умов інсталяції є неточності які викликані додатковими факторами які впливають на ефективність генерації, тобто не враховується фактичний рівень генерації, що вкрай важливо при проектуванні систем автономного енергозабезпечення. Вплив додаткових факторів можна найбільш точно врахувати при проведенні експериментальних досліджень з використанням спеціальних пристроїв моніторингу параметрів генерації та зовнішнього середовища, з подальшою математичною обробкою результатів вимірювання та встановленням математичних залежностей між параметрами. В статті показано один з варіантів, запропонований авторами, побудови зазначених пристроїв моніторингу.

До пристрою моніторингу висувається ряд технічних вимог: неперервне вимірювання електричних параметрів: струму, напруги, потужності генерації; неперервне вимірювання параметрів зовнішнього середовища: температури, вологості, освітленості; пристрій повинен забезпечувати неперервний запис параметрів на протязі тривалого періоду часу (місяці, роки) із заданим інтервалом; повинна передбачатись можливість відправки даних на віддалений сервер по мережі Wi-fi [9].

Структурна схема запропонованого пристрою моніторингу генерації сонячної панелі зображено на рис. 2. Основними блоками пристрою є: мікропроцесорний головний модуль (Main monitoring module), модуль погодної станції (Weather Module), блок сенсорів (Sensors). Живлення пристрою здійснюється через трансформаторний понижуючий блок живлення (Transf. AC/DC converter), для приведення вихідної напруги до рівня, що забезпечує роботу електронних пристроїв використано понижуючий DC-DC перетворювач (Step-down DC/DC converter). Основу пристрою складає апаратна платформа Arduino Nano на базі мікроконтролера ATmega328. Пристрій здійснює двоканальне вимірювання струму і напруги сонячних панелей (Solar panel 1, Solar panel 2) або їх збірок. Струм та напруга сонячних панелей фіксуються відповідним сенсорами струму (Current sensor 1) та напруги (Voltage divider). В якості сенсора струму використано сенсор на ефекті Холла ACS712 20A, в якості сенсорів напруги використовується резистивний подільник з прецизійними резисторами. Сигнали пропорційні вихідному струму та напрузі панелей через аналогову шину подаються на входи 16 – бітного АЦП ADC1115, застосування даного АЦП дозволяє значно підвищити точність вимірювання в порівнянні із застосуванням вбудованого АЦП мікроконтролера ATmega328. Для проведення дослідження з метою визначення оптимального кута установки сонячної панелі, повинно бути забезпечено стале електричне навантаження Load 1 та Load 2. В схемі також передбачено джерело опорної напруги (Voltage reference unit) для стабільного задання зміщення сенсорів струму. Додатково до пристрою приєднується модуль погодної станції (Weather Module) із сенсором температури DS18B20, сенсором вологості DHT22 та сенсором освітленості BH1750.

Дані сенсори зв'язані з основним модулем через цифрові інтерфейси 1-Wire та I2C. Також по інтерфейсу SPI здійснюється зв'язок із модулем SD карти та Wi-fi модулем. Для відображення поточних параметрів використовується дисплей LCD 1602, також передбачено наявність годинника реального часу RTC з автономним живленням для прив'язки даних вимірювання до часу.

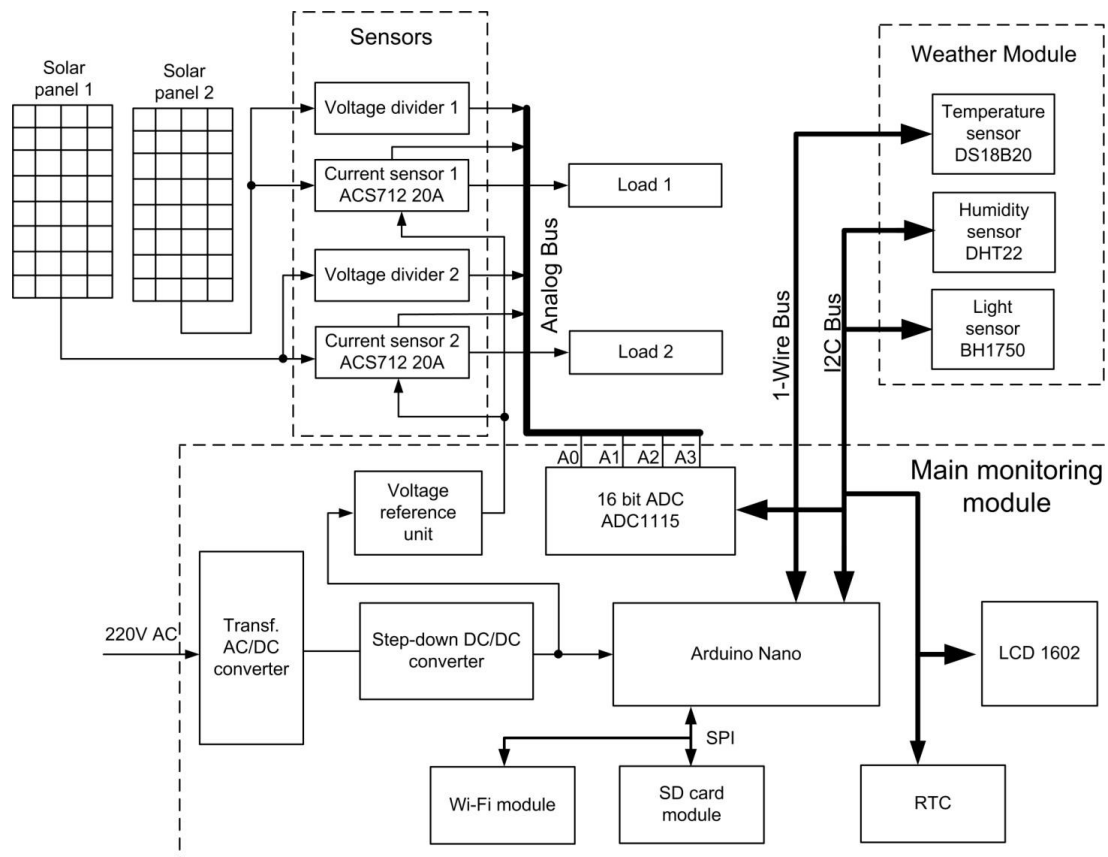
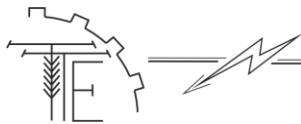


Рис. 2. Структурна схема пристрою моніторингу генерації сонячної панелі

Після ввімкнення пристрій моніторингу ініціалізує SD карту та зчитує в оперативну пам'ять значення часу та дати, якщо ці дії відбулись успішно, фіксуються значення струму, напруги, потужності, температури, вологості та освітленості, які із заданим інтервалом T записуються на SD карту пам'яті. Значення інтервалу T обирається в діапазоні 1-10 хв, для забезпечення точності визначення струму, напруги та потужності використано алгоритм усереднення на вказаному діапазоні, тоді отримаємо масив з кількістю рядків m :

$$\left\{ \begin{array}{l} U_j = \frac{\sum_{i=0}^{T/\Delta t} (U_i \cdot \Delta t)}{T}; \\ I_j = \frac{\sum_{i=0}^{T/\Delta t} (I_i \cdot \Delta t)}{T}; \\ P_j = \frac{\sum_{i=0}^{T/\Delta t} (U_i \cdot I_i \cdot \Delta t)}{T}; \\ j \in N; j = 0, \frac{t}{T} \dots \frac{t}{m \cdot T}, \end{array} \right. \quad (4)$$

де Δt – дискретність вимірювання; U_i , I_i , P_i – елементи масиву значень напруги струму та потужності яка визначається кожен момент часу Δt ; U_i , I_i , P_i – елементи масиву усереднених значень напруги струму та потужності яка визначається на періоді T ;

Пристрій моніторингу параметрів генерації сонячної панелі наведений на рис. 2 використовується з панелями, які встановлено стаціонарно, він дає можливість визначати реальний рівень потужності сонячної панелі чи груп електрично з'єднаних панелей. Отримані результати моніторингу можуть бути використані для визначення коефіцієнту використання панелей, в заданих умовах їх встановлення. Запропонований підхід до побудови пристрою, як уже зазначалося,

використовується з панелями, які встановлено стаціонарно. В випадку необхідності автономного вимірювання питомої потужності генерації на місцевості [10], із різними варіантами позиціонування панелі відносно сторін світу розроблено мобільний пристрій, структурна схема якого зображена на рис. 3. Малогабаритна сонячна панель (Solar panel) встановлена на двохосовому трекері з можливістю зміни кута панелі в горизонтальній та вертикальній площині. Для повороту панелі в двох площинах використовуються горизонтальний (Gorizontal servo drive) та вертикальний (Vertical servo drive) сервопривод. Сервоприводи мають реверсивне керування від мікропроцесорного головного модуля (Main monitoring module) через блок реле (Relay module). Мікропроцесорний головний модуль отримує інформацію про положення панелей завдяки наявності зворотного зв'язку виконаного на базі горизонтального та вертикального абсолютних енкодерів (Gorizontal encoder, Vertical encoder).

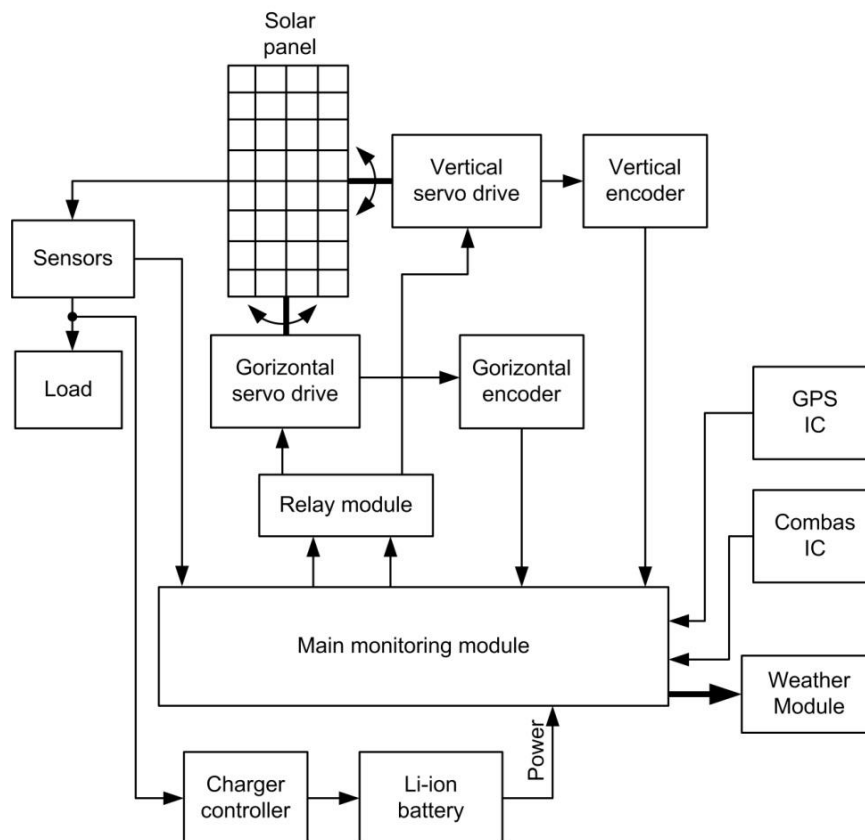


Рис. 3. Структурна схема мобільного пристрою моніторингу генерації сонячної панелі

Додатково мобільний пристрій передбачає наявність сенсорів для визначення точних географічних координат та положення панелі відносно сторін світу (GPS IC та Compas IC відповідно). Для забезпечення автономного живлення всіх електронних та електромеханічних вузлів пристрою використовується літій-іонна акумуляторна батарея, що заряджається від сонячної панелі чи іншого джерела через контролер заряду (Charger controller).

В ході досліджень розроблено головний мікропроцесорний модуль монтажної схеми якого зображена на рис. 4. Даний пристрій було досліджено в стаціонарних умовах та змонтовано для реєстрації режимів роботи сонячних панелей типу ABI CL P60260 [11].

На рис. 5 наведені графіки добової зміни температури, напруги та струму навантаження сонячної панелі, які були зафіксовані 28.10.2019 р. Вимірювання проводились з інтервалом $T = 3$ хв, в якості навантаження використовується резистор опором 40 Ом [12].

Показники, що зафіксовані розробленим приладом співпадають з фактичними даними отриманими з використанням зразкових вимірювальних засобів. Таким чином, даний пристрій працездатний і може бути використаний для моніторингу процесів генерації та дослідження експлуатаційних параметрів сонячних панелей [13].

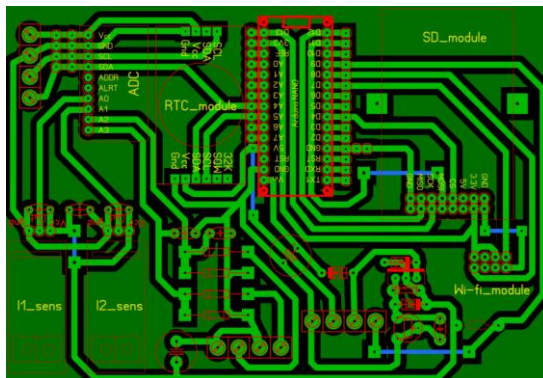
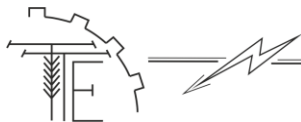


Рис. 4. Монтажна схема головного мікропроцесорного модуля пристрою моніторингу генерації сонячної панелі

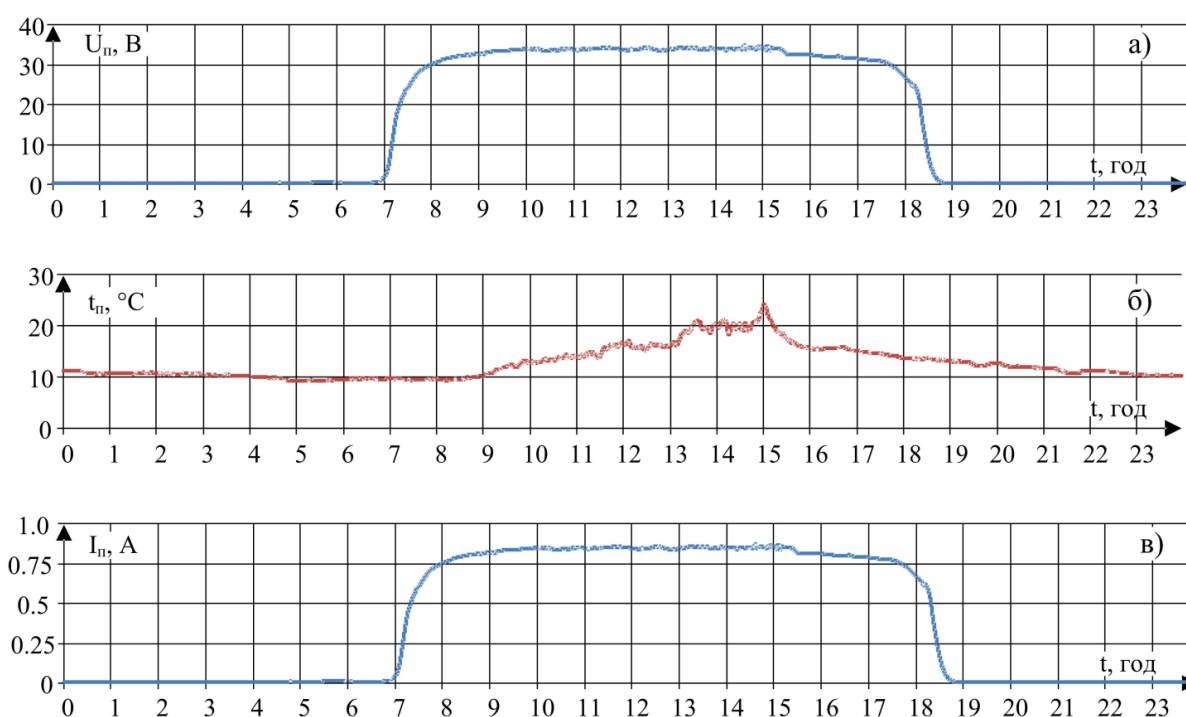


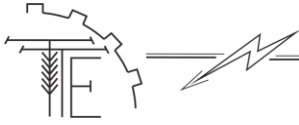
Рис. 5. Графіки добової зміни напруги $U_n = f(t)$ а), температури $t_n = f(t)$ б) та струму навантаження $I_n = f(t)$ в) сонячної панелі

5. Висновки

Отже розроблені підходи щодо побудови апаратно-програмного комплексу для моніторингу електричних параметрів генерації сонячної панелі дозволяють визначати характеристики генерації безпосередньо на місці їх інсталяції в заданих географічних координатах. Крім того, фіксація зміни генерування в залежності від погодних умов, протягом тривалого часу, дозволить отримати кореляційні залежності для прогнозування рівня генерації, що є важливим при формуванні автономних систем електропостачання.

Список використаних джерел

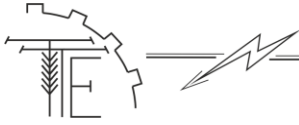
1. Бессель В. В., Кучеров В. Г., Мангалеева Р. Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. 90 с.
2. Rouholamini A., Pourgharibshahi H., Fadaeinedjad R., Moschopoulos G. Optimal tilt angle determination of photovoltaic panels and comparing of their mathematical model predictions to experimental data in Kerman. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2013. 1–4. URL : https://www.researchgate.net/publication/261283189_Optimal_tilt_angle_determination



- _of_photovoltaic_panels_and_comparing_of_their_mathematical_model_predictions_to_experimental_data_in_Kerman
3. Karafil A., Özbay H., Kesler M., Parmaksiz Calculation of Optimum Fixed Tilt Angle of PV Panels Depending on Solar Angles and Comparison of the Results with Experimental Study Conducted in Summer in Bilecik, Turkey. 10.1109/ELECO.2015.7394517, 2015. P. 971–976. URL : http://www.emo.org.tr/ekler/bb3f65bfca95624_ek.pdf
 4. Бондаревський С. Л., Данилейко О. К. Комплексний стенд-імітатор для дослідження експлуатаційних характеристик сонячних панелей. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*, 2018. Вип. 4/2018. С. 69–77.
 5. Бойко С. М., Омельченко О. В., Пироженко А. В., Вишневський С. Я. Лабораторний комплекс для дослідження елементів та пристроїв автономного електрозабезпечення електроприймачів електричної енергії. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2015. №6. С. 212–216.
 6. Sani A., Warman E., Pranata A., Suherman S. Measuring the commercial solar panel performance. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2019. 420. 10.1088/1757-899X/420/1/012051. URL : https://www.researchgate.net/publication/327988772_Measuring_the_commercial_solar_panel_performance
 7. Kaldellis J., Kapsali M., Kavadias K. Temperature and wind speed impact on the efficiency of PV installations. *Experience obtained from outdoor measurements in Greece. Renewable Energy*, 2014. Vol 66. P. 612–624.
 8. Технічні параметри сонячної панелі MAXPOWER CS6U-345P URL : <https://www.canadiansolar.com/upload/9f6474e3a7c4881c/d421046f5307ed4c.pdf>
 9. Збір даних в хмарному сервісі з розширеним аналізом даних з використанням MATLAB. URL : <https://thingspeak.com>.
 10. Стаднік М.І. Оптимізація складу генеруючого обладнання автономного енергопостачання тваринницької ферми при використанні біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2018. №2(101). С. 81–88.
 11. Технічні параметри сонячної панелі ABI CL P60260. URL : <https://abi-solar.com/ru/download/ABi-Solar-CL-P60260-D-RU.pdf>
 12. Матвійчук В. А., Рубаненко О. О., Собчук Н. В. Використання локальних джерел електроенергії для оптимізації структури ЕЕС. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2018. №4 (263). С. 98–101.
 13. Матвійчук В. А., Рубаненко О. О., Явдик В. В. Аналіз режимів роботи мікроелектромереж і методів керування ними. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2017. № 1 (96). С. 162–165.

References

- [1] Bessel, V. V., Kucherov, V. G., Mangaleeva, R. D. (2016). *Izucheniye solnechnykh fotoelektricheskikh elementov [Study of solar photovoltaic cells]*. Moscow: Publishing center of the Russian State University of Oil and Gas. [in Russian].
- [2] Rouholamini, Amin & Pourgharibshahi, Hamed & Fadaeinedjad, Roohollah & Moschopoulos, Gerry. (2013). Optimal tilt angle determination of photovoltaic panels and comparing of their mathematical model predictions to experimental data in Kerman. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*. 1–4. 10.1109/CCECE.2013.6567674. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/261283189_Optimal_tilt_angle_determination_of_photovoltaic_panels_and_comparing_of_their_mathematical_model_predictions_to_experimental_data_in_Kerman. [in English].
- [3] Karafil, Akif & Özbay, Harun & Kesler, Metin & Parmaksiz, Hüseyin. (2015). Calculation of Optimum Fixed Tilt Angle of PV Panels Depending on Solar Angles and Comparison of the Results with Experimental Study Conducted in Summer in Bilecik, Turkey. 10.1109/ELECO.2015.7394517. Retrieved from: http://www.emo.org.tr/ekler/bb3f65bfca95624_ek.pdf. [in English].
- [4] Bondarevsky, S. L., Danileiko, O. K. (2018). Kompleksnyy stand-imitator dlya doslidzhennya ekspluatatsiynykh kharakterystyk sonyachnykh paneley [A comprehensive stand-simulator for the improvement of the operating characteristics of the dormant panels]. *Electrical and energy systems*, 4, 69–77. [in Ukrainian].



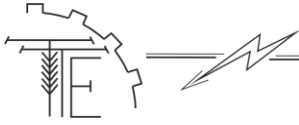
- [5] Boyko, S. M., Omelchenko, O. V., Pirozhenko, A. V., Vishnevsky, S. Y. (2015). Laboratornyy kompleks dlya doslidzhennya diyuchykh i vyrobnychykh avtonomnoho elektrozabezpechennya elektropriymachiv elektrychnoyi enerhiyi [Laboratory complex for accessory elements and annexes of an autonomous electrical safety system for electrical energy]. *Visnyk of the Khmelnytsky National University*, 6, 212–216. [in Ukrainian].
- [6] Sani, A., Warman, E., Pranata, A., Suherman, S. (2019). Measuring the commercial solar panel performance. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 420. URL : https://www.researchgate.net/publication/327988772_Measuring_the_commercial_solar_panel_performance. [in English].
- [7] Kaldellis, J., Kapsali, M., Kavadias, K. (2014). Temperature and wind speed impact on the efficiency of PV installations. *Experience obtained from outdoor measurements in Greece. Renewable Energy*. (66), 612–624. [in English].
- [8] Data collection in the cloud with advanced data analysis using MATLAB, Retrieved from: <https://thingspeak.com/>.
- [9] Technical parameters of the solar panel MAXPOWER CS6U-345P, Retrieved from: <https://www.canadiansolar.com/upload/9f6474e3a7c4881c/d421046f5307ed4c.pdf>.
- [10] Stadnik, M. I. (2018). Optymizatsiya vyroblenoho heneruyuchoho obladnannya avtonomnoho enerhopostachannya tvarynnyts'koyi fermy pry postynomu biohazu [Optimization of the composition of the livestock farm's autonomous energy supply generating equipment using biogas]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2(101), 81–88. [in Ukrainian].
- [11] Technical parameters of the solar panel ABI CL P60260. URL : <https://abi-solar.com/ru/download/ABi-Solar-CL-P60260-D-RU.pdf>
- [12] Matviychuk, V. A., Rubanenko, O. O., Sobchuk, N. V. (2018). Vykorystannya lokal'nykh dzherel elektroenerhiyi dlya optymizatsiyi struktury EES [Use of local sources of electricity for optimization of the structure of the EEC]. *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*, 4(263), 98–101. [in Ukrainian].
- [13] Matviychuk, V. A., Rubanenko, O. O., Yavdyk, V. V. (2017). Analiz rezhymiv roboty mikroelektromerezh i metodiv keruvannya nymy [Analysis of operating modes of microelectric grids and methods of controlling them]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 1(96), 162–165. [in Ukrainian].

МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

В статье проведен анализ подходов к разработке устройства для непрерывного мониторинга электрических параметров генерации солнечных панелей. В процессе исследования предложено расширить возможности устройства по сравнению с существующими аналогами для более точного учета основных факторов влияющих на уровень генерации электроэнергии солнечными панелями. Предлагаемое устройство было использовано для исследования режимов работы солнечных панелей типа ABI CL P60260. Полученные результаты мониторинга могут быть использованы для прогнозирования уровня генерации в месте их установки. Разработанные подходы к построению аппаратно-программного комплекса для мониторинга электрических параметров генерации солнечной панели позволяют определять характеристики генерации непосредственно на месте их установки в заданных географических координатах. Кроме того, фиксация изменения генерирования в зависимости от погодных условий в течение длительного времени, позволит получить корреляционные зависимости для прогнозирования уровня генерации, является важным при формировании автономных систем электроснабжения.

Ключевые слова: солнечная панель, устройство мониторинга, генерация электроэнергии, микроконтроллер, погодная станция.

Ф.4. Рис. 5. Лит. 13.

**A MOBILE DEVICE FOR EXPLORING THE PERFORMANCE OF SOLAR PANELS**

The article analyzes the approaches to the development of a device for continuous monitoring of electrical parameters of solar panel generation. In the course of the research it is proposed to expand the capabilities of the device in comparison with the existing analogues for more accurate consideration of the main factors that influence the level of electricity generation by solar panels. The proposed device was used to investigate the modes of operation of solar panels type ABI CL P60260. The monitoring results obtained can be used to predict the generation level at the site of installation. The developed approaches to the construction of a hardware-software complex for monitoring the electrical parameters of solar panel generation allow determining the generation characteristics directly at the installation site in given geographical coordinates. In addition, fixing changes in generation depending on weather conditions for a long time, will allow you to get correlation dependencies to predict the level of generation, it is important in the formation of autonomous power supply systems.

Keywords: solar panel, monitoring device, power generation, microcontroller, weather station.

F.4. Fig. 5. Lit. 13.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Стаднік Микола Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: stadnik1948@gmail.com).

Рогач Валентин Петрович – магістрант кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: valentyn.rogach@gmail.com).

Проценко Дмитро Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті» Вінницького національного технічного університету (Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна, e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua).

Стадник Николай Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: stadnik1948@gmail.com).

Рогач Валентин Петрович – магистрант кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: valentyn.rogach@gmail.com).

Проценко Дмитрий Петрович - кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханических систем автоматизации в промышленности и на транспорте» Винницкого национального технического университета (Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина, e-mail: procenko.dp@vntu.edu.ua).

Stadnik Mykola – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: stadnik1948@gmail.com).

Rohach Valentyn – undergraduate of the Department "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: valentyn.rogach@gmail.com).

Protsenko Dmytro - PhD, Associate Professor of Department of "Electromechanical Automation Systems in Industry and Transportation" of Vinnytsia National Technical University (Khmelnyske shose, Vinnytsia, 21021, Ukraine, e-mail: procenko.dp@vntu.edu.ua).