

УДК 620.97:  
621.31

<sup>1</sup>АСТИСОВА Т. І., <sup>1</sup>КРАВЧЕНКО М. С., <sup>2</sup>ПОСТОРОНКА В. М.,  
<sup>2</sup>КРАВЧЕНКО О. П.

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

<sup>2</sup>Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

## АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОМУ MICROGRID

**Мета.** Розробка апаратно-програмного засобу для зберігання та обробки даних, що отримуються з локальної портативної метеостанції та з глобальної мережі даних про погоду для розрахунку коефіцієнту продуктивності сонячної панелі, прогнозування профілів генерації електроенергії та навчання відповідних експертних систем, засобів машинного навчання або нейронних мереж направлених на досягнення максимальної ефективності функціонування електричної системи.

**Методика.** Використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей (СП), в MicroGrid характеризується стохастичним характером генерації електроенергії через залежність потужності генерації електроенергії в MicroGrid з розподіленими СП від погодних умов. Визначальну роль для оцінки ефективності функціонування СП відіграють як технічні характеристики СП, які надає виробник, так і продуктивність СП, яка розраховується на основі даних, що отримуються за довготривалий проміжок часу, при функціонуванні СП, встановлених на вибраній ділянці місцевості з характерними погодними умовами.

**Результати.** Був розроблений апаратно-програмний засіб, який збирає, зберігає та обробляє дані для розрахунку продуктивності СП. Вхідні дані отримуються як з локальної портативної метеостанції, так і з глобальної мережі даних про погоду за допомогою API (Application Programming Interface), їх збереження та обробка забезпечується сервером.

**Наукова новизна.** Збережені вхідні та оброблені дані в подальшому використовуються для прогнозування профілів генерації електроенергії в MicroGrid. Крім того, ці дані можуть бути використані для навчання відповідних експертних систем, засобів машинного навчання або нейронних мереж для досягнення максимальної ефективності функціонування електричної системи.

**Практична значимість.** Оцінка коефіцієнту продуктивності сонячної панелі дозволяє визначити, наскільки ефективно панель перетворює сонячну енергію в електричну: чим вище коефіцієнт продуктивності, тим більше енергії можна отримати з такої сонячної панелі, що допомагає встановити реальні очікувані витрати на електроенергію та оптимізувати систему сонячних панелей для максимального виробництва електроенергії. Крім того, оцінка коефіцієнта продуктивності дозволяє виконувати моніторинг ефективності роботи сонячної панелі в режимі реального часу для виявлення можливих проблем, пов'язаних з забрудненням або пошкодженням панелей.

**Ключові слова:** енергоефективність; MicroGrid; розподілені джерела генерації; сонячні панелі; продуктивність; погодні умови; масиви даних.

**Вступ.** Сучасний етап технологічного розвитку суспільства спричинив розвиток нових концепцій менеджменту та маркетингу в сфері техніко-економічної активності. Попередня енергетична концепція базувалася на такій політиці енергозбереження, де використовувалися вичерпні паливні ресурси та характеризувалася неефективною роботою складових енергетичної системи. Зараз основний напрямок зусиль направляється Зараз основний напрямок зусиль направляється на заміну концепції енергозаощадження концепцією енергоефективності [1]. В рамках концепції енергоефективності функціонування електроенергетичної системи забезпечується, в основному, за рахунок децентралізованих розподілених джерел енергії (Distributed Energy Resources, DER), при цьому спостерігається

тенденція до збільшення кількості джерел генерації електроенергії, які розосереджені в певній локалізації та об'єднані в єдину, так звану MicroGrid [2].

Сонячні панелі (СП) є основним джерелом генерації електричної енергії в MicroGrid, які характеризуються, крім технічних величин, що надає виробник, також і продуктивністю (performance ratio, PR) [3]. Ця величина показує наскільки ефективно панелі перетворюють світлову енергію сонця в електричну, порівняно з максимально очікуваною потужністю СП. Факторами, що впливають на продуктивність СП є, зокрема, неефективність інвертора, неузгодженість роботи фотоелементів у СП, підвищена температура поверхні СП, відбиття падаючого світла від передньої поверхні панелі, забруднення, затінення поверхні модуля та несправності компонентів, з яких складається СП. Проте, основними факторами, які значною мірою впливають на продуктивність СП, є освітленість та температура поверхні панелей, які обумовлюються погодними умовами.

При проектуванні енергоефективних систем, в яких використовуються СП як джерело генерації електроенергії, активно використовуються програмні симуляції. Такі програмні засоби дозволяють моделювати різні аспекти фотоелектричних систем, зокрема геометрію (розташування та орієнтацію сонячних панелей), електричні характеристики панелей, очікувану потужність електроенергії, що генерується та оптимальні параметри системи в цілому [4, 5]. Слід зауважити, що прогнозований профіль генерації електроенергії, що отримується, наприклад, за допомогою програмної симуляції (software) PV SCADA [5], часто не збігається з фактичним профілем. Це спричинюється тим, що в симуляції використовуються дані моніторингу навколишнього середовища, отриманих з метеостанцій, які не знаходяться на ділянках з встановленими СП. Вирішенням цієї проблеми може стати застосування портативної метеостанції, яка здійснює моніторинг навколишнього середовища безпосередньо в місці локалізації СП. Крім того, актуальною є задача накопичення історичних даних про погоду на ділянці, де знаходяться СП з відповідними погодними умовами. Наявність такої бази даних забезпечує можливість уточнення прогнозу погоди на відповідній ділянці для отримання більш точного прогнозованого профілю генерації.

**Постановка завдання.** Метою представленої роботи є розробка апаратно-програмного пристрою, який надає можливість збирати, зберігати та обробляти дані для розрахунку продуктивності СП, встановлених на визначеній ділянці місцевості. Вхідні дані отримуються як з локальної портативної метеостанції, так і з глобальної мережі даних про погоду, збереження та обробка яких забезпечується сервером. Збережені вхідні та оброблені дані в подальшому використовуються для прогнозування профілів генерації електроенергії в MicroGrid. Крім того, ці дані можуть бути використані для навчання відповідних експертних систем [6], засобів машинного навчання [7] та нейронних мереж [8] для досягнення максимальної ефективності функціонування електричної системи.

**Результати дослідження.** Розроблений апаратно-програмний засіб складається з апаратної компоненти, яка містить модулі моніторингу оточуючого середовища та електричних параметрів системи [9], а також сервер, який є програмною частиною і складається з *WEB*-сайту; бази даних та обчислювального блоку (рис. 1).

Серверна частина засобу характеризується можливістю захищеного входу в систему, запису даних, отриманих з метеостанції або з модулів моніторингу, в базу даних. Крім цього, наявність обчислювального модулю в серверній частині дає можливість виконувати відповідну обробку даних, отриманих з бази даних. Також, існує можливість графічної візуалізації масивів даних як вхідних, так і вихідних

Вхідними даними є дані з *WEB*-сайту метеосервісу та дані з системи моніторингу (рис. 2).

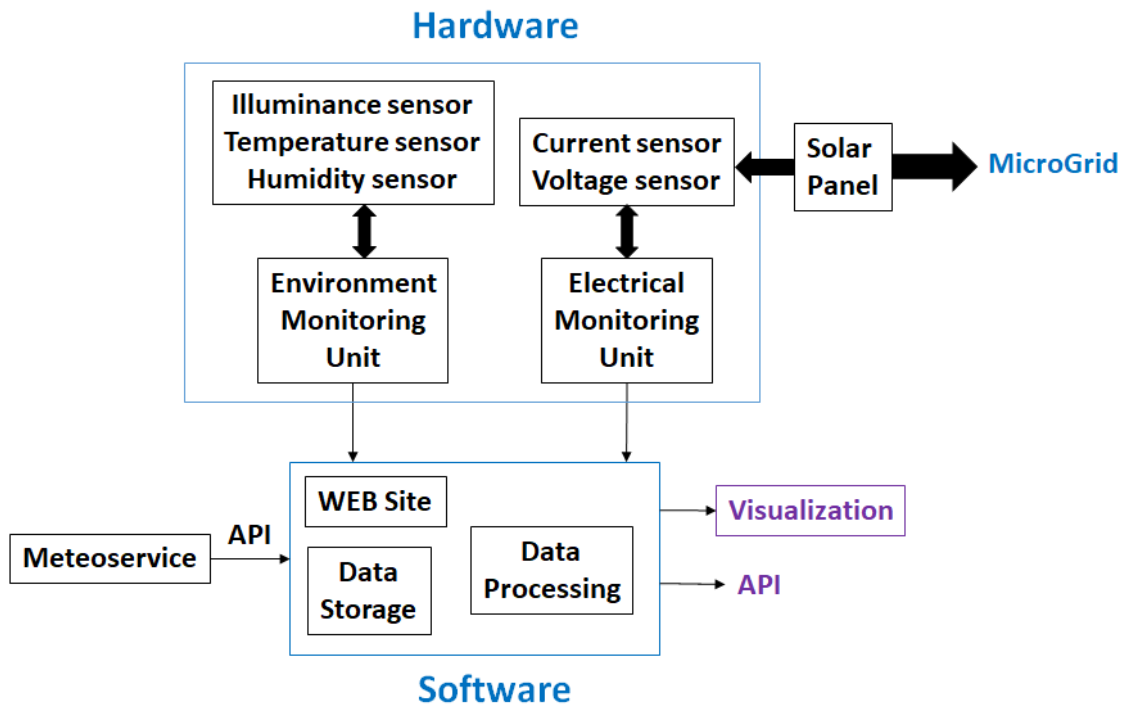


Рис. 1. Структура апаратно-програмного засобу

Дані з WEB-сайту метеосервісу

Дані з системи моніторингу

з  по

Розрахувати ефективність

Дані з WEB-сайту метеосервісу

Kyiv UA

Rain

17 °C

Feels like: 17 °C  
 Max temperature: 18 °C  
 Max temperature: 16 °C

Дані з системи моніторингу

Day	Time	Lumens	Humidity	Temperature	Pressure
• 17,11,2020	0:00:38	3,33	60,11	10,32	761,49
• 17,11,2020	0:01:38	3,35	59,91	10,30	761,51
• 17,11,2020	0:02:38	3,33	60,82	10,30	761,54
• 17,11,2020	0:03:38	3,33	61,42	10,31	761,56
• 17,11,2020	0:04:38	3,33	61,21	10,30	761,56
• 17,11,2020	0:05:38	3,33	60,71	10,30	761,54
• 17,11,2020	0:06:38	3,33	61,10	10,30	761,54
• 17,11,2020	0:07:38	3,33	61,43	10,30	761,53
• 17,11,2020	0:08:38	3,33	61,00	10,28	761,55
• 17,11,2020	0:09:38	3,35	60,71	10,27	761,54
• 17,11,2020	0:10:38	3,33	59,94	10,25	761,53
• 17,11,2020	0:11:38	3,33	60,55	10,24	761,55
• 17,11,2020	0:12:38	3,36	61,28	10,25	761,54
• 17,11,2020	0:13:38	3,33	60,39	10,25	761,56
• 17,11,2020	0:14:38	3,33	61,29	10,24	761,56
• 17,11,2020	0:15:38	3,35	60,82	10,23	761,56
• 17,11,2020	0:16:38	3,33	61,18	10,23	761,57
• 17,11,2020	0:17:38	3,33	60,36	10,22	761,56
• 17,11,2020	0:18:38	3,33	60,85	10,22	761,58
• 17,11,2020	0:19:38	3,33	60,32	10,20	761,59
• 17,11,2020	0:20:38	3,33	61,65	10,19	761,61
• 17,11,2020	0:21:38	3,33	62,00	10,20	761,62
• 17,11,2020	0:22:38	3,33	61,74	10,19	761,62

Kyiv UA

Rain

17 °C

Feels like: 17 °C  
 Max temperature: 18 °C  
 Max temperature: 16 °C

Вигляд вікна після активації «Дані з системи моніторингу»

Рис. 2. Вікно користувача для вхідних даних

Вихідними (обробленими) даними є дані, які пройшли через обчислювальний модуль, в якому розраховується продуктивність СП та виконується поліноміальна або логарифмічна апроксимація вхідних даних для отримання аналітичних виразів з можливістю візуалізації отриманих результатів. Доступ до всіх даних, що знаходяться на сервері, забезпечується за допомогою API (Application Programming Interface).

Оцінка продуктивності СП виконується на основі даних, отриманих з модулів моніторингу, яка визначається як відношення потужності виробленої електроенергії до потужності сонячного випромінювання, що падає на ці панелі. Продуктивність СП залежить

від їхньої конструкції, матеріалів та технологій виготовлення. Розрізняють максимальну ( $PR_{\max}$ ) та фактичну ( $PR_{\text{факт}}$ ) продуктивності.  $PR_{\max}$  відображає потенційну ефективність СП при оптимальних умовах, тоді як  $PR_{\text{факт}}$  враховує вплив різних факторів, які знижують продуктивність джерела генерації, зокрема це підвищення температури та затінення поверхні СП. Важливо зазначити, що  $PR$  є величиною динамічною і може змінюватись в залежності від умов експлуатації СП. Оптимальні умови для досягнення максимальної продуктивності СП включають належну орієнтацію та нахил панелей, мінімізацію затінення та оптимізацію температури поверхні СП [10].

Оцінка продуктивності СП може перевищувати значення 100%, пов'язано з технічним тестуванням сонячної панелі виробником при стандартних умовах (STC, standard test condition). Слід зауважити, що занадто короткий період вимірювання (менше 1 місяця) є недостатнім для надійного розрахунку продуктивності СП. Крім того, пора року, температурні коливання, які вимірюються на протязі тривалого проміжку часу, особливості просторового розташування СП можуть впливати на кінцевий результат розрахунку її продуктивності. Сильна залежність продуктивності СП від температури призводить до її значних сезонних коливань, які можуть досягати  $\pm 10\%$ .

Традиційно, продуктивність СП розраховується при  $25^\circ\text{C}$  (стандартні умови вимірювання) (рівняння 1)

$$PR = \frac{\sum_i EN_{AC_i}}{\sum_i \left[ P_{STC} \left( \frac{G_{POA_i}}{G_{STC}} \right) \right]} \quad (1)$$

Такий розрахунок дає в результаті більшу величину продуктивності, оскільки СП частіше працюють при  $45^\circ\text{C}$ . Тому, виникає необхідність в усуненні сезонної мінливості величини продуктивності за рахунок використання значення середньої температури СП, відносно якої можна уточнювати значення продуктивності. Таку величину називають «уточненим» її значенням, оскільки вона враховує більшість погодних ефектів, що впливають на продуктивність СП (рівняння 2).

$$PR_{corr} = \frac{\sum_i EN_{AC_i}}{\sum_i \left[ P_{STC} \left( \frac{G_{SL_i}}{G_{STC}} \right) \left( 1 - \frac{\delta}{100} (T_{cell\_avg} - T_{cell_i}) \right) \right]} \quad (2)$$

Різниця між цими рівняннями полягає в тому, що уточнене рівняння містить член для перерахунку потужності з використанням середньої робочої температури СП, яка враховує сумарний вплив факторів навколишнього середовища. Продуктивність СП розраховується за визначений проміжок часу (день, тиждень, місяць, рік).

В рівняннях (1) та (2) змінні означають:

- $PR$  – продуктивність СП (безрозмірна величина);
- $PR_{corr}$  – уточнена продуктивність (безрозмірна величина);
- $E_{AC}$  – вироблена електроенергія ( $\text{kWh}$ );
- $N$  – кількість панелей;
- $P_{STC}$  – номінальна потужність СП за стандартних умов випробувань (STC) ( $\text{kWh}$ );
- $G_{SL}$  – вимірюване за допомогою сенсора освітленості значення освітленості поверхні СП ( $\text{kWh/m}^2$ );
- $i$  – певний момент часу;
- $G_{STC}$  – освітленість поверхні СП при STC ( $1000 \text{ Wh/m}^2$ ).
- $T_{cell}$  – температура поверхні СП, яка обчислюється з даних метеорологічних вимірювань локальної станції ( $^\circ\text{C}$ );

- $T_{cell\_avg}$  – середня температура поверхні СП, яка розраховується при використанні даних, що отримуються з метеосервісів ( $^{\circ}C$ );
- $\delta$  – температурний коефіцієнт ( $\%/^{\circ}C$ ).

$T_{cell\_avg}$  обчислюють за допомогою рівнянь (3)–(5) [11].

$$T_{cell\_avg} = \sum [G_{SL\_j} * T_{cell\_calc\_j}] / \sum [G_{SL\_j}]. \quad (3)$$

$$T_m = G_{SL} * \{e^{(a+b*WS)}\} + T_a. \quad (4)$$

$$T_{cell} = T_m + (G_{SL}/G_{STC}) * \Delta T_{cnd}. \quad (5)$$

де  $G_{SL\_j}$  – значення освітленості поверхні СП на кожну годину, визначене з даних ТМУ та орієнтації поверхні ( $Bm/m^2$ );  $T_{cell\_calc\_j}$  – значення розрахованої робочої температури СП на кожну годину ( $^{\circ}C$ );  $T_m$  – прогнозоване значення температури СП ( $^{\circ}C$ );  $T_a$  – температура повітря ( $^{\circ}C$ );  $WS$  – виміряна швидкість вітру, уточнена до висоти вимірювання 10 метрів (м/с);  $a$  – емпірична величина, що відображає підвищення температури СП під впливом сонячного світла;  $b$  – емпірична величина, що відображає вплив швидкості вітру на температуру СП (с/м);  $e$  – число Ейлера, основа натурального логарифму;  $\Delta T_{cnd}$  – падіння температури ( $^{\circ}C$ );  $j$  – кожна година року (в цілому 8,760 годин).

Результати всіх розрахунків виводяться в табличному та графічному вигляді (рис. 3).

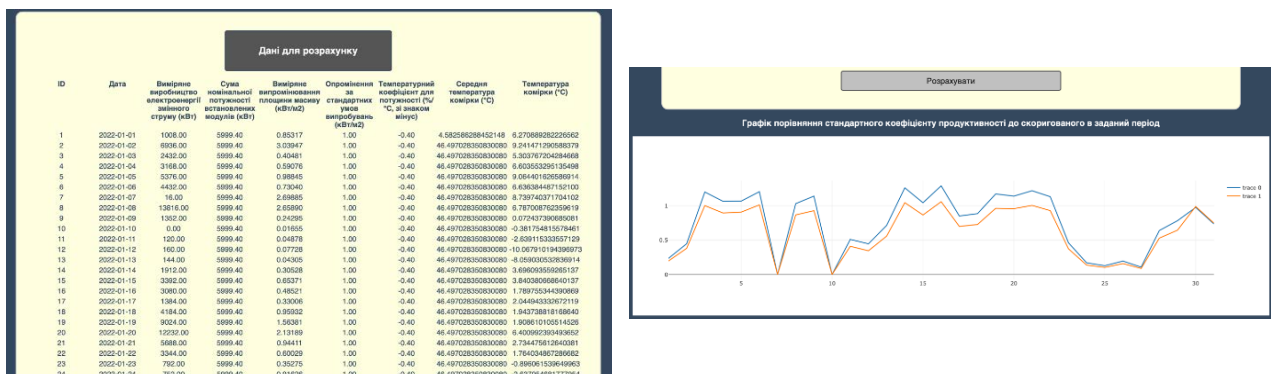


Рис. 3. Результати розрахунку продуктивності СП

В процесорному модулі сервера також виконується поліноміальна або логарифмічна апроксимація вхідних даних для отримання аналітичних виразів з можливістю візуалізації отриманих результатів (рис. 4).

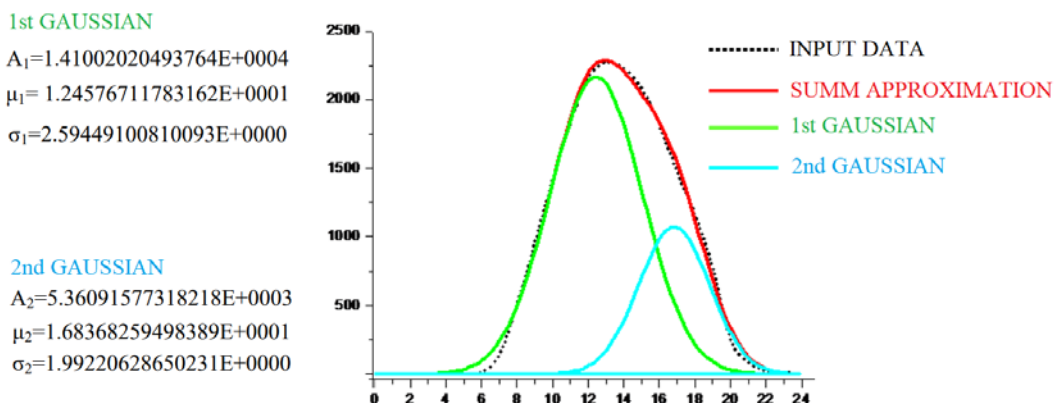
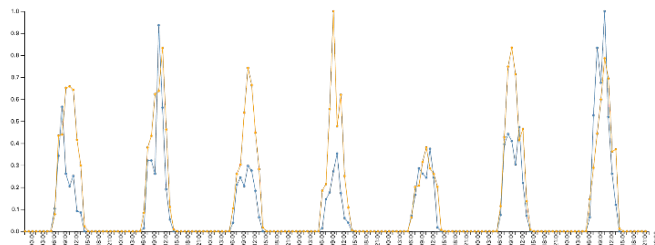
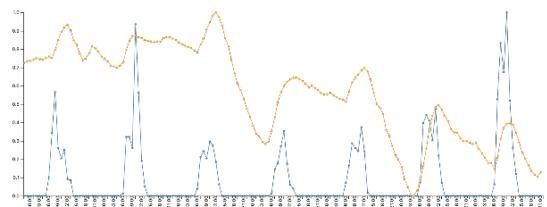


Рис. 4. Апроксимація вхідних даних

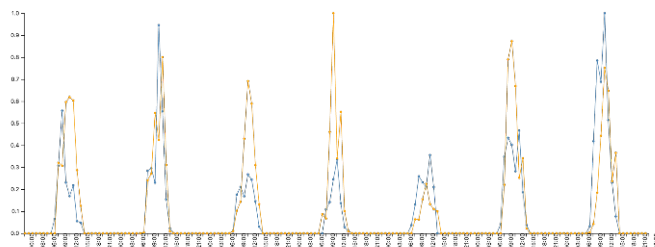
Для вхідних даних виконувалась нормалізація параметрів та оцінювалась кореляція між цими параметрами на протязі одного місяця (рис. 5).



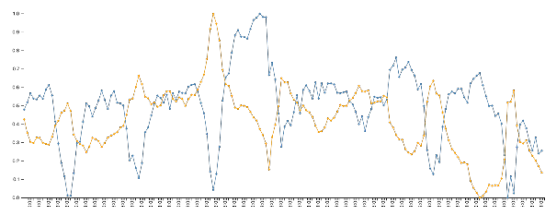
а) Візуалізація даних величин освітленості, отриманих з локальної метеостанції (помаранчева крива) та PVGIS (синя крива)



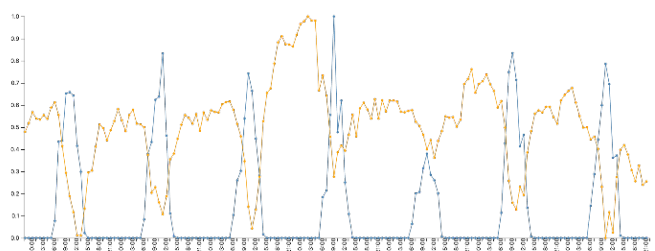
б) Візуалізація даних величин освітленості (синя крива) та температури (помаранче крива) за даними PVGIS



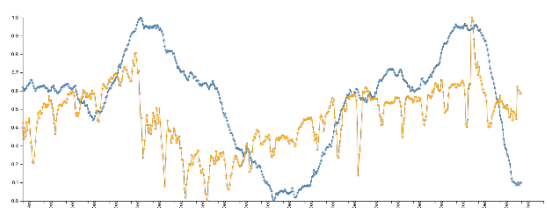
в) Візуалізація даних величин потужності між локальною станцією (помаранчева крива) та PVGIS даними. PVGIS (синя крива)



г) Візуалізація даних величин вологості (синя крива) та температури (помаранчева) за даними локальної станції



д) Візуалізація даних величин освітленості (синя крива) та вологості (помаранчева крива) з локальної метеостанції



е) Візуалізація даних величин тиску (синя крива) та вологості (помаранчева крива) за даними дослідної станції

Рис. 5. Візуалізація даних, які були отримані в обчислювальній частині сервера

### Висновки:

1. Використання розподілених відновлюваних джерел енергії, зокрема СП, в MicroGrid характеризується стохастичним характером генерації електроенергії, яка спричинюється погодними факторами місцевості, де встановлені СП.

2. Визначальну роль для оцінки ефективності функціонування СП відіграють як технічні характеристики СП, які надає виробник, так і величина продуктивності СП, яка розраховується на основі даних, отриманих, при функціонуванні СП, встановлених на ділянках місцевості з характерними погодними умовами за довготривалий проміжок часу.



3. Був розроблений апаратно-програмний засіб, який збирає, зберігає та обробляє дані для розрахунку продуктивності СП, встановлених на визначеній ділянці місцевості. Збережені вхідні та оброблені дані в подальшому використовуються для прогнозування профілів генерації електроенергії в MicroGrid. Крім того, ці дані можуть бути використані для навчання відповідних експертних систем, засобів машинного навчання або нейронних мереж для досягнення максимальної ефективності функціонування електричної системи.

### References

1. ISO 50001:2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/69426.html>.
2. Distributed Energy Resources Based Microgrid: Review of Architecture, Control, and Reliability. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9376271>.
3. IEC 61724 Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange and analysis, 1998. URL: [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec61724%7Bed1.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61724%7Bed1.0%7Den.pdf).
4. PVsyst photovoltaic software – A full package for the study of photovoltaic systems. URL: <https://www.pvsyst.com>.
5. PV SCADA – software and hardware complex for monitoring and effective management of industrial solar power plants. URL: <https://kness.energy/pv-scada/>
6. Mayadevi, N., Vinodchandra, S. S., Ushakumari, S. (2014). A Review on Expert System Applications in Power Plants. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 4(1): 116–126. URL: <https://ijece.iaescore.com/index.php/IJECE/article/download/5607/4918>.
7. Forootan, M. M., Larki, I., Zahedi, R., Ahmadi, A. (2022). Machine Learning and Deep Learning in Energy Systems: A Review. *Sustainability*, 14:4832. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14084832>.
8. Khodayar, M., Regan, J. (2023). Deep Neural Networks in Power Systems: A Review. *Energies*, 16:4773. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16124773>.
9. Kravchenko, O. P., Manoïlov, E. H., Arzikulov, T. S. (2020). Monitorynh ta upravlinnia parametramy v smart-systemakh elektropostachannia [Monitoring and parameters management in Smart power supply systems]. *I Vseukrainska konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh "Innovatyka v osviti, nauksi ta biznesi: vyklyky ta mozhlyvosti" = Innovation in education, science and business: challenges and opportunities: materials of*

### Література

1. ISO 50001:2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/69426.html>.
2. Distributed Energy Resources Based Microgrid: Review of Architecture, Control, and Reliability. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9376271>.
3. IEC 61724 Photovoltaic system performance monitoring – Guidelines for measurement, data exchange and analysis. 1998. URL: [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_iec61724%7Bed1.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61724%7Bed1.0%7Den.pdf).
4. PVsyst photovoltaic software – A full package for the study of photovoltaic systems. URL: <https://www.pvsyst.com>.
5. PV SCADA – software and hardware complex for monitoring and effective management of industrial solar power plants. URL: <https://kness.energy/pv-scada/>
6. Mayadevi N., Vinodchandra S. S., Ushakumari S. A Review on Expert System Applications in Power Plants. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 2014. Vol. 4 (1). P. 116–126. URL: <https://ijece.iaescore.com/index.php/IJECE/article/download/5607/4918>.
7. Forootan M. M., Larki I., Zahedi R., Ahmadi A. Machine Learning and Deep Learning in Energy Systems: A Review. *Sustainability*. 2022. No. 14. Art. 4832. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14084832>.
8. Khodayar M., Regan J. Deep Neural Networks in Power Systems: A Review. *Energies*. 2023. No. 16. Art. 4773. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16124773>.
9. Кравченко О. П., Манойлов Е. Г., Арзікулов Т. С. Моніторинг та управління параметрами в смарт-системах електропостачання. *I Vseukrainska konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh "Innovatyka v osviti, nauksi ta biznesi: vyklyky ta mozhlyvosti" (Київ, 17 листопада 2020 р.)*. К.: КНУТД, 2020.

the 1st All-Ukrainian Conference of Higher Education Graduates and Young Scientists (Kyiv, November 17, 2020, KNUTD), P. 262–266. URL: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/17463/1/Innovatyka2020\\_P262-266.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/17463/1/Innovatyka2020_P262-266.pdf) [in Ukrainian].

10. Performance ratio – Quality factor for the PV plant. URL: <https://files.sma.de/downloads/Perfratio-TI-en-11.pdf>.

11. Incropera, F. P., De Witt, D. P. (1996). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 4th Edition. New York, John Wiley & Sons. 886 p.

C. 262–67. URL: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/17463/1/Innovatyka2020\\_P262-266.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/17463/1/Innovatyka2020_P262-266.pdf).

10. Performance ratio – Quality factor for the PV plant. URL: <https://files.sma.de/downloads/Perfratio-TI-en-11.pdf>.

11. Incropera F. P., De Witt D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 4th Edition. New York, John Wiley & Sons, 1996. 886 p.

**ASTISTOVA TETYANA**

Candidate of Technical Science, Associate Professor,  
Department of Computer Sciences,  
Kyiv National University of Technologies  
and Design, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-8452-4797>  
Scopus Author ID: 6506601603  
E-mail: [astistova@ukr.net](mailto:astistova@ukr.net)

**KRAVCHENKO MYKOLA**

Student, Department of computer science,  
Faculty of Mechatronics and Computer Technologies,  
Kyiv National University of Technologies  
and Design, Ukraine  
<https://orcid.org/0009-0003-9262-9198>  
E-mail: [mykola.kravchenko19@gmail.com](mailto:mykola.kravchenko19@gmail.com)

**POSTORONKA VALERIJA**

Student, Department of Intelligent Cybernetic Systems,  
Faculty of Computer Science and Technology,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0009-0007-4071-826X>  
E-mail: [valeriia.postoronka@gmail.com](mailto:valeriia.postoronka@gmail.com)

**KRAVCHENKO OLGA**

Candidate of Technical Science, Associate Professor,  
Department of Intelligent Cybernetic Systems,  
Faculty of Computer Science and Technology,  
National Aviation University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7262-0899>  
E-mail: [olgakravchenko111@gmail.com](mailto:olgakravchenko111@gmail.com)

<sup>1</sup>ASTISTOVA T. I., <sup>1</sup>KRAVCHENKO M. S., <sup>2</sup>POSTORONKA V. M., <sup>2</sup>KRAVCHENKO O. P.

<sup>1</sup> Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

<sup>2</sup> National Aviation University, Ukraine

## SOFTHARD TOOL FOR SOLAR PANELS PERFORMANCE ESTIMATION FOR EFFECTIVE FUNCTION IN MICROGRID

**Purpose.** Design of a soft-hardware tool that is able to store and process data received from a local meteoservice device and from a global weather data network in order to estimate the solar panel performance, predict electricity generation profiles, and train appropriate expert systems, machine learning tools, or neural networks aimed at achieving maximum efficiency of the electrical system.

**Methodology.** Using renewable energy sources in MicroGrid, particularly solar panels (SPs), is characterized by the stochastic nature of power generation due to the dependence of power generation capacity in MicroGrid with distributed SPs on the weather condition. A decisive role in assessing the efficiency of the SP operation is played by both the technical characteristics of the SP, which is provided by the manufacturer, and the performance of the SP, which is calculated on the basis of data obtained over a long period of time, during the operation of the SP installed in the selected area with appropriate weather condition.

**Findings.** A hardware and software tool has been developed that get ability in collecting, storing and processing data to calculate the performance of the SP. Input data is obtained both from a local meteoservice point and from a global meteo data using an API (Application Programming Interface), while data storing and processing is implemented with the server.

**Originality.** All data both stored and processed is used to make prognostics in forming power generation profile as concerned to the MicroGrid. Moreover, the data can be applied in training whether an expert system, or in machine and neural networks learning to maximize the efficiency of the electrical system.



**Practical value.** Evaluating the solar panel's performance factor allows to determine how efficiently the solar panel converts solar energy into electrical energy: the higher the performance factor, the more energy can be obtained from such a solar panel, which helps to establish realistic expected electricity costs and optimize the solar panel system for maximum electricity production. In addition, the performance factor assessment allows during real-time monitoring of the solar panel's performance to identify possible issues related to contamination or damage to the panels.

**Keywords:** energy efficiency; MicroGrid; distributed generation sources; PV panel; performance; weather parameter; data array.