

# ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОНОМНОЇ МІКРОГРІД-СИСТЕМИ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ, ЯК ЕЛЕМЕНТ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

<sup>1</sup>Сенюк Є.О., студент, <sup>2</sup>Лободзинський В.Ю., к.т.н., доцент, <sup>2</sup>Бурик М.П., к.т.н., доцент

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, <sup>1</sup>кафедра обчислювальної техніки, <sup>2</sup>кафедра теоретичної електротехніки*

**Вступ.** Маломасштабна система мікромережі (microgrid) — це електрична мережа низької напруги, під'єднана до мережі, яка може покращити рівень відмови системи живлення та покращити якість електроенергії в системі.

Ця система включає в себе комбінацію розподільної генерації або мікроджерел для підключення до системи навантаження та мережі. Мікроджерела (сонячні накопичувачі енергії), що складаються з акумуляторів, призначені для роботи як в острівному режимі, так і в мережевому режимі.

Вплив сонячного опромінення для мікроджерела є результатом динамічної роботи. Стабільність і продуктивність гібридної і акумуляторної системи необхідно вивчати для змінної напруги, частоти та ефективного навантаження. Таким чином, систему мікромережі необхідно моделювати та контролювати в електричній системі, щоб продемонструвати можливості гібридної генеруючої системи [1, 2].

Моделювання та симуляція мікромережевої енергосистеми є важливим першим кроком до будь-якого фізичного експерименту чи польового впровадження. Моделі можна використовувати для прогнозування проблем із продуктивністю та моделювання аномальних режимів. В роботі розглянуто процедури моделювання системи microgrid з використанням математичного пакету Matlab Simulink [3-5].

**Мета роботи:** підвищити ефективність управління мережею Microgrid за рахунок вдосконалення системи управління електроенергією сонячних батарей для роботи в режимі реального часу.

**Матеріали і результати досліджень.** Система мікромережі була змодельована з використанням програмного пакету в MATLAB Simulink SimPowerSystems, як показано на рис. 1. Існує шість ключових компонентів у моделі мікромережі, таких як фотоелектрична система, акумуляторна батарея, контролер акумулятора, навантаження, розподільна мережа та електромережа. Модель Phasor використовувалася для моделювання 24-годинного сценарію з коротким часом моделювання. При цьому компоненти силової електроніки не моделюються.

Мікромережа (microgrid)— це система сонячної батареї потужністю 50 кВт, до складу якої входить фотоелектричний масив. Контролер батареї використовує стратегію диспетчеризації навантаження, коли надлишок відновлюваної енергії заряджатиме батарею. Якщо конфігурація відновлюваних джерел енергії не може забезпечити навантаження, для постачання енергії навантаженням буде

використовуватися основна мережа. Електрична система складається з однофазної мережі 50 Гц, 230 В.

Навантаження моделюється двома житловими будинками, щоб імітувати енергетичні потреби в типовій сільській місцевості. Навантаження також використовуються для імітації продуктивності системи управління енергією в різних умовах.

Система мікромережі використовує систему управління енергією на основі моделювання прогнозованого керування, яка спрямована на оптимізацію розподілу електроенергії фотоелектричної системи та системи зберігання акумуляторної батареї. Система енергоменеджменту враховуватиме відновлювані джерела енергії, такі як сонячне випромінювання, і попит на навантаження для визначення найкращого можливого необхідного постачання електроенергії. Існує також глобальна цільова функція, яка враховує вартість енергії, попит на навантаження, виробництво електроенергії та втрати електроенергії для визначення оптимального розподілу.

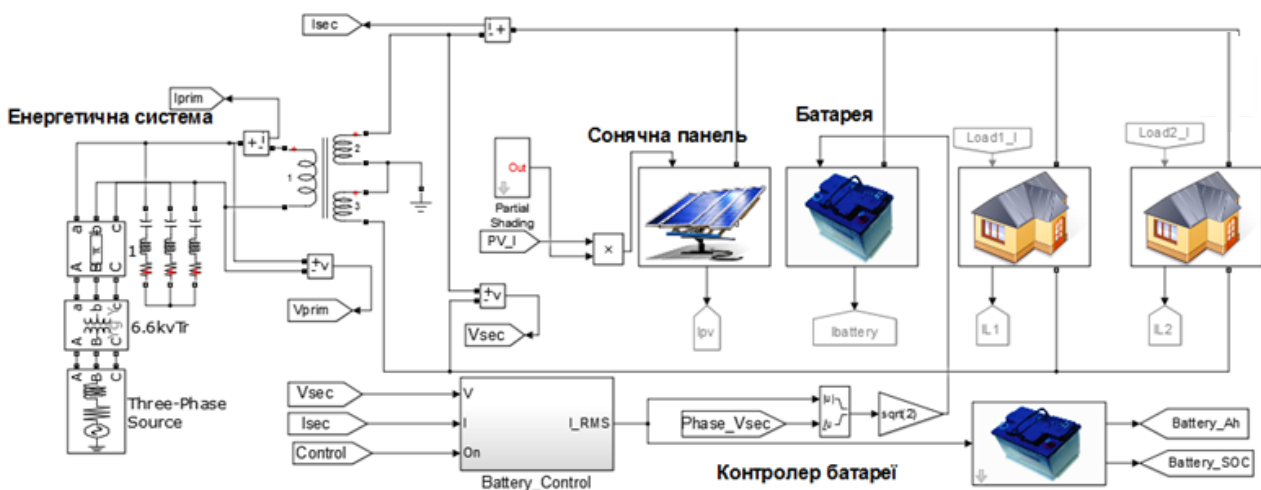


Рисунок 1 – Система мікромережі змодельована з використанням програмного пакету в MATLAB Simulink SimPowerSystems

Вхідними даними для цієї моделі є сонячне випромінювання та експлуатаційного навантаження. Система енергоменеджменту на основі моделі прогнозованого керування оптимізує розподіл електроенергії на основі вхідних параметрів. Добовий графік навантаження електроенергії показаний на рис. 2.

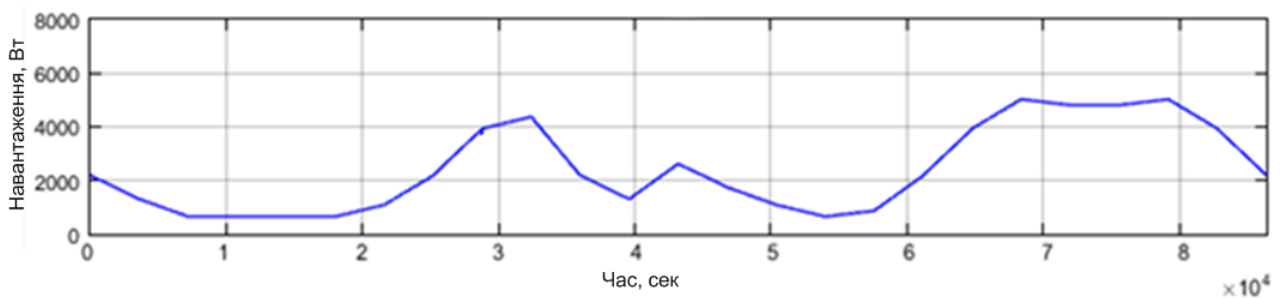


Рисунок 2 – Добовий графік навантаження

Режими роботи енергетичного обладнання відповідають чергуванню світлого та темного часу доби. Ці режими вибираються в залежності від балансної потужності всередині гібридної системи, величини інсоляції та стану заряду батареї (від англ. State of charge – SOC). Сонячна енергія не виробляється з 20 до 4 годин (рис. 3). Навантаження відповідає типовому графіку з піками, що відбуваються о 9 годині, 19 годині та 22 годині, коли попит становить 4,1 кВт, 5 кВт та 5 кВт відповідно.

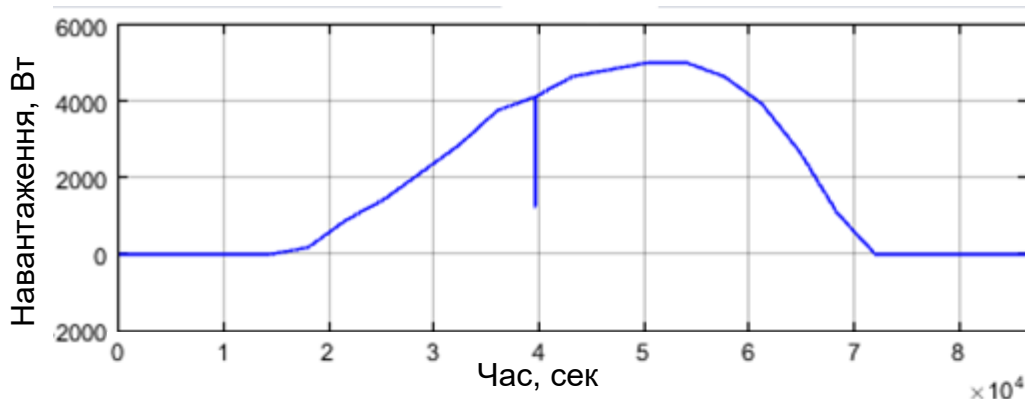


Рисунок 3 – Графік генерації сонячної енергії

Розглянуто декілька експериментальних прикладів для перевірки запропонованої системи керування мікромережі з відновлювальним джерелом енергії. На основі керуючих команд з дотриманням енергетичного балансу контролер керує режимами роботи акумуляторної батареї, при зміні умов рівня сонячного випромінювання.

Енергія акумуляторної батареї варіюється в залежності від кількості сонячного випромінювання, що надходить.

За відсутності енергії сонячної станції обмінна енергія розряду батареї слідує за зміною рівня електроспоживання (рис. 4). Коли виробництво електроенергії від сонячної станції починає збільшуватися, спільно з нею починає працювати батарея, що видно з 9:00 до 12:00 і з 18:00 до 24:00 (рис. 5). В ці години контроль батареї (SOC) не проводиться (рис. 6).

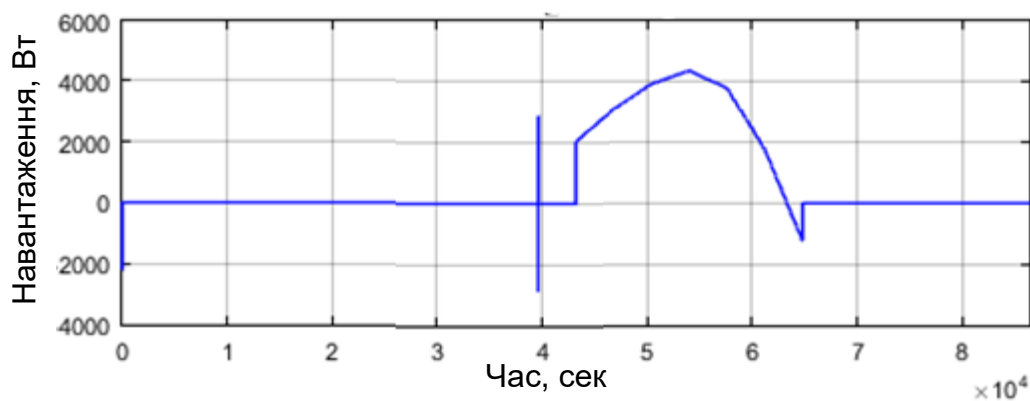


Рисунок 4 – Графік споживаної потужності від мережі

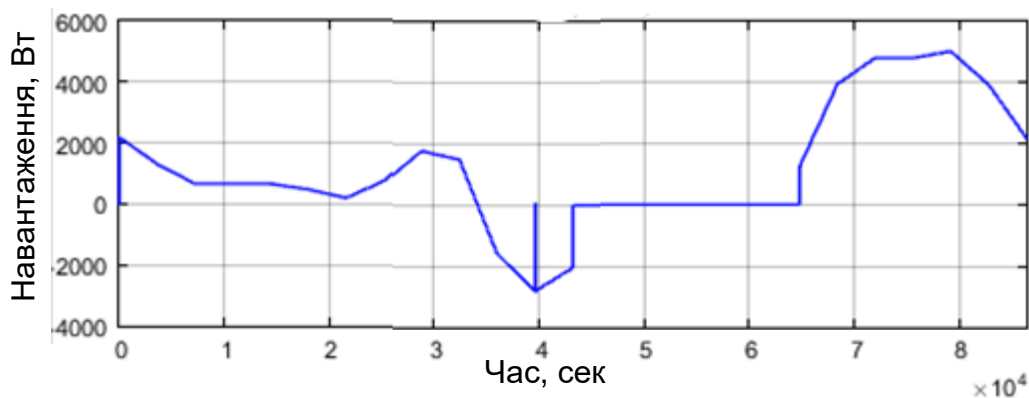


Рисунок 5 – Графік потужності батареї

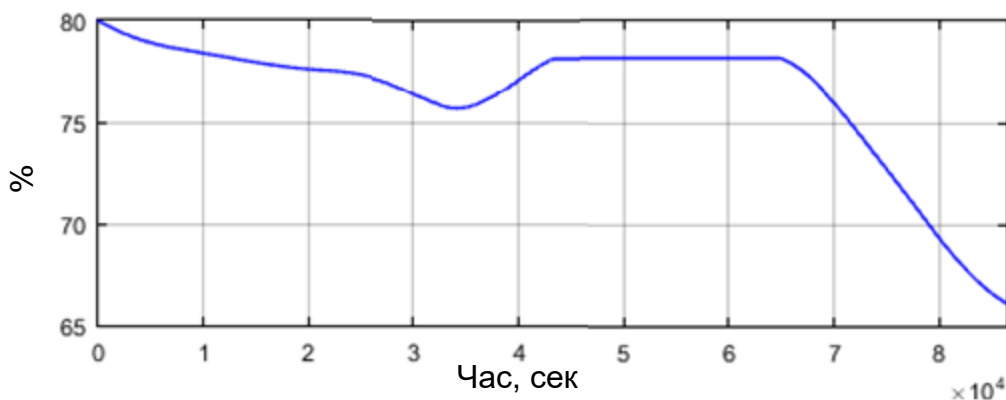


Рисунок 6 – Графік інсоляції та стану заряду батареї (SOC)

Енергія батареї показана на рис. 5, слідує за змінами потужності сонячної станції для підтримки необхідної потужності навантаження. У період з 12:00 до 18:00 сонячна станція виробляє більше енергії, ніж потрібно для навантаження. Ця надмірна енергія йде на заряд батареї. На рис. 6 видно, що цей час показник SOC зменшується.

**Висновки.** Розбудова розумних енергетичних мереж є необхідною умовою для створення сучасної енергетичної системи, що ґрунтується на принципі розподіленої енергетичної генерації. Світовий досвід свідчить про існування окремих проблем, що не дозволяють на даному етапі технологічного розвитку здійснити масштабний перехід до нової моделі енергетичної системи. Головна проблема полягає у відсутності дешевих технологій, що дозволять застосовувати універсальні рішення для розподілу та акумулювання електроенергії у системі.

Залучення відновлюваних джерел енергії як одного з ключових елементів енергетичної системи, з одного боку, дозволяє збільшити автономність кінцевих споживачів енергії, знизити навантаження на доквілля. Проте й одночасно ВДЕ створюють проблеми для енергетичної системи у вигляді необхідності компенсації нестачі енергії у несприятливих погодно-кліматичних періодах. Це техніко-технологічна проблема, що наразі не має ефективного комерційного рішення. Відповідно процес повного переходу до системи розподіленої генерації неможливий, доки не буде знайдене ефективне рішення балансування

енергетичної системи. Саме це є причиною того, що енергетична політика розвинених країн передбачає кілька етапів модернізації енергетичних систем. Україна перебуває лише на першому етапі, тому використання світового досвіду є необхідною умовою для підвищення ефективності трансформації енергетичної системи у державі.

Більшість результатів можна використати для розробки мало масштабної системи microgrid для практичного застосування.

#### **Перелік посилань**

1. Денисюк С.П., Стшелецькі Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2019, № 3. С. 8–22. doi: 10.20535/1813-5420.3.2019.196368.

2. Денисюк С.П., Махлін П.В., Шрам О.А., Слинко В.М. Особливості аналізу режимів роботи енергосистеми у районах з альтернативними джерелами електроенергії (вітровими електростанціями). Технічна електродинаміка, 2022, №.1, С. 41-49. doi: 10.15407/techned2022.01.041.

3. Lobodzinskiy V.Yu., Buryk M.P., Spinul L.Yu., Chybelis V.I., Illina O.A. Features of smart grid technologies introduction in the energy industry. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 33 (72), 4, 2022. с. 160-166. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/24>.

4. Лободзинський В.Ю., Бурик М.П., Петрученко О.В., Ілліна О.О.. Вплив системи smart grid на національну енергетичну мережу. Енергетика: економіка, технології, екологія. №1, 2022. с. 57-64. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2022.259182>

5. M. Reyasudin Basir Khan, Jagadeesh Pasupuleti, Jabbar Al-Fattah, Mehrdad Tahmasebi. Energy management system for PV-Battery microgrid based on model predictive control. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Vol. 15, No. 1, pp.20-25. DOI: 10.11591/ijeecs.v15.i1.pp20-25