

## Оптимізація вибору компонентів гібридної енергосистеми для живлення споживачів багатоквартирного будинку

В. Л. Біляєв<sup>1</sup>, кандидат технічних наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-4033>; e-mail: [biliaiev@op.edu.ua](mailto:biliaiev@op.edu.ua)

А. М. Павлюк<sup>1</sup>, аспірант

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2034-9158>; e-mail: [8332965@as.op.edu.ua](mailto:8332965@as.op.edu.ua)

<sup>1</sup> Національний університет «Одеська політехніка»

**Анотація.** В умовах воєнного стану в Україні та значного дефіциту електричної енергії, обумовленого пошкодженням енергетичної інфраструктури внаслідок численних бомбардувань країни – агресора зростає попит на електроенергію від альтернативних джерел енергії. Дана стаття присвячена дослідженню режимів роботи комплексної гібридної мікромережі, спроектованої для живлення двосекційної, п'ятиповерхової будівлі, розташованої в місті Одеса, Україна. У склад мікромережі входять:

- трансформаторна підстанція (ТП) з трансформатором потужністю 630 кВА;
- фотоелектрична (ФЕ) станція, яка складається з ФЕ панелей, гібридного конвертора та акумуляторної батареї;
- дизельний генератор.

Метою дослідження було визначення в умовах обмеження відпуску електроенергії від енергосистеми наступних характеристик гібридної мікромережі:

- оптимальної потужності ФЕ панелей;
- оптимальної потужності конвертора напруги постійного струму в змінний;
- оптимальної ємності та потужності акумуляторної батареї;
- номінальної потужності дизельного генератора.

В якості цільової функції було обрано чисту приведену вартість (Net Present Cost). Моделювання здійснювалось у програмному комплексі Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER). В процесі моделювання також було враховано зниження викидів CO<sub>2</sub> у порівнянні з традиційним виконанням системи електропостачання житлового комплексу.

**Ключові слова:** гібридна електромережа, HOMER, оптимізація, фотоелектрична панель, дизельний генератор, відновлювана енергія, обмеження відпуску електроенергії.

*Цитування статті:* Біляєв В. Л., Павлюк А. М. (2026). Оптимізація вибору компонентів гібридної енергосистеми для живлення споживачів багатоквартирного будинку. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*, 46(122), с.60-70. doi:<https://doi.org/10.15276/eltecs.46.122.2026.6>

### Вступ

На сьогодні викопні енергетичні ресурси продовжують відігравати провідну роль у забезпеченні глобальних енергетичних потреб. Водночас упорядковані останніх десятиліть у наукових дослідженнях неодноразово підкреслювався суттєвий негативний вплив використання викопного палива на довкілля, а також проблема поступового виснаження його запасів. У зв'язку з цим актуалізується необхідність інтенсифікації наукових і технологічних досліджень, спрямованих на пошук та впровадження альтернативних джерел

енергії ще до настання критичного дефіциту традиційних паливних ресурсів. Серед можливих альтернатив саме відновлювані джерела енергії на сьогодні привертають найбільшу увагу наукової спільноти<sup>2</sup>. У межах даного дослідження фотоелектричну енергію обрано як один з ключових енергетичних компонентів запропонованої гібридної системи, призначеної для автономного електропостачання житлового об'єкту у разі відсутності електропостачання від енергомережі. Мережеві фотоелектричні системи є доцільними для використання в централізованих та урбанізованих зонах,

© Біляєв В. Л., Павлюк А. М., 2026

Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk>)

дозволяючи підвищити надійність електропостачання споживачів.

Для мережевих фотоелектричних систем основним технічним викликом є забезпечення узгодженості параметрів напруги та частоти з допустимими значеннями електричної мережі. Натомість для автономних фотоелектричних систем ключовою проблемою виступає підтримання допустимого рівня частки відновлюваної енергії та її проникнення з урахуванням вимог до надійної роботи споживачів електроенергії.

### 1 Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Результати досліджень такого роду наведено в працях [1-4]. Проте актуальним залишається питання щодо можливості створення гібридних мікромереж в умовах багатоквартирних будівель, в яких значна доля електричного навантаження складається з допоміжних комунальних електричних споживачів, таких як теплові пункти, котельні, насосні різного призначення, ліфти, вентиляційні установки, тощо. Другою актуальною проблемою є стабільність роботи гібридних мереж в умовах відсутності електропостачання від енергопостачальної компанії.

### 2 Мета та задачі досліджень

Метою цього дослідження є проектування, оптимізація та розробка гібридної системи енергетичного забезпечення потреб споживачів багатоквартирного будинку в м. Одеса та вивчення її технічної та економічної доцільності. У склад системи входить приєднання до енергопостачальної компанії, фотоелектрична станція з інвертором і акумуляторною батареєю та дизельний генератор. Програма моделювання HOMER використовується для проектування системи енергозабезпечення та вибору оптимального технічного і економічного рішення. Енергетичні системи оптимізуються на основі електричного навантаження, кліматичних даних, економічної ефективності компонентів енергосистеми та інших параметрів. Основним параметром оптимізації є чиста приведена вартість (Net Present Cost). Для перевірки технічних можливостей також були враховані такі параметри, вартість енергії (COE), надлишок електроенергії та ймовірний рівень перерви у постачанні електроенергії від енергопостачальної компанії. Базова конфігурація системи енергозабезпечення представлена на рис. 1. Головною задачею оптимізації мікромережі ставилось визначення економічно доцільних параметрів компонентів, з яких вона складається, а

Таблиця 1 - Розрахункові дані навантаження будинку

також найбільш ефективних режимів роботи як кожного елемента окремо, так і всієї архітектури мережі в цілому. Термін дії проекту - 25 років.

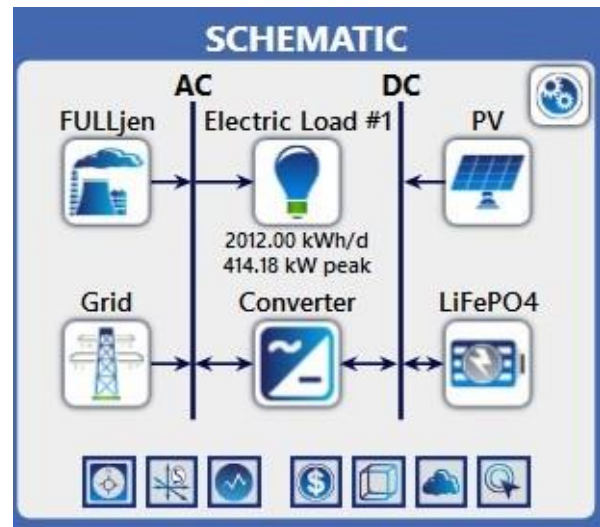


Рис. 1 – Склад гібридної мікромережі багатоквартирного будинку.

### 3 Методологія досліджень

В середовищі програмного забезпечення HOMER було створено гібридну систему електропостачання з декількома варіантами конфігурації. HOMER — це програмне забезпечення відновлюваної енергії, яке здатне проектувати та оптимізувати автономну систему електропостачання та надавати [6-8] оціночні вихідні дані, беручи деякі вхідні дані, такі як відновлювані ресурси, загальні навантаження, вартість компонентів, елементи керування тощо. Для відтворення процесу оптимізації режимів роботи були введені проектні дані з електричного навантаження. Для досягнення найкращих результатів було проведено моделювання та оптимізацію за допомогою HOMER. Враховуючи те, що об'єкт дослідження - багатоквартирний будинок знаходиться в стадії будівництва, в процесі моделювання використовувався вбудований профіль електричного навантаження HOMER для побутових споживачів типу «Residential» [9,11] та розрахункові дані, отримані з проекту будівництва. Розрахункова потужність підключених навантажень надана в табл. 1. Завдяки своїм перевагам, які включають об'єднання більшості відновлюваних джерел енергії, швидку процедуру оптимізації та аналіз чутливості, програмне забезпечення HOMER було визнано найбільш широко використовуваним серед 19 інструментів моделювання [4, 10].

№з/п	Найменування споживачів	Розрахункове навантаження P <sub>p</sub> , кВт
1	Апартаменти (52 шт)	334
2	Ліфти	12.2
3	Насосна водопостачання	10
4	КНС	11.3
6	Автоматика пожежогасіння	10
7	Слабострумові мережі	1.5
8	Освітлення	4.8
9	Зовнішнє освітлення	3
10	Фасадне освітлення	5
11	Відділ продажів	5.6
12	Паркінг	16.8
	Загалом	414.2

Таким чином був створений сезонний профіль навантаження об'єкту дослідження показаний на рис. 2.

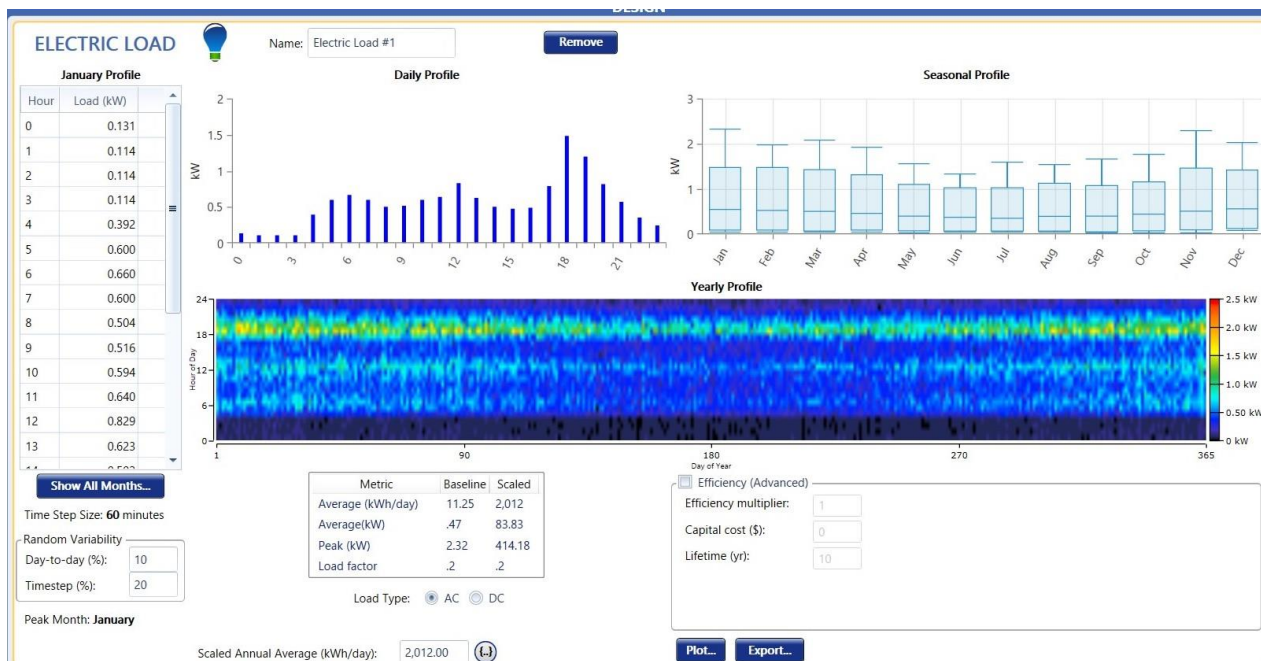


Рис. 2 – Профіль навантаження багатоквартирного будинку

Профіль навантаження, представлений у мікромережі компонентом «Electric Load #1» (рис. 1), враховує як тижневу різницю у споживанні електроенергії у робочі та вихідні дні, так і сезонні зміни у навантаженні і сформований таким чином, щоб пікове навантаження (Peak) 414,18 кВт відповідало розрахунковому проектному навантаженню 414,2 кВт.

Наступний компонент гібридної мікромережі – енергопостачальна компанія, або мережа («Advanced Grid») надає широкі можливості у комбінуванні різних форм плати за спожиту та продану електроенергію електроприймачами будинку згідно з графіком, сформованим у компоненті «Electric Load #1». Цей модуль дозволяє

моделювати системи, підключені до енергомережі, з тарифами в режимі реального часу або за розкладом, а також проводити аналіз розширення енергомережі та моделювати відключення електропостачання. Цей модуль додає до енергомережі меню тарифів у режимі реального часу, тарифів за розкладом, розширення енергомережі та надійності [12].

В процесі моделювання та оптимізації складових компонентів мікромережі застосовувались два види тарифів: простий тариф, без змін протягом доби, тижня або року; двоставочний добовий тариф.

В обох випадках досліджувалась чутливість системи до поступового підвищення тарифів на

електроенергію до 50% протягом терміну дії проекту. Надійність електропостачання системи враховувалась у розділі «Reliability» компоненти «Advanced Grid» введенням трьох параметрів: математичного очікування кількості відключень від мережі електропостачальної компанії, середнього часу відновлення електропостачання та ймовірність відхилення (%) від заданого часу

відновлення (рис. 3). Таким чином сформувався профіль відключень електропостачання від енергосистеми країни протягом року. Планові відключення від енергетичної системи враховувались загальною кількістю ймовірних відключень. Розглядалися також архітектури мікромережі без участі електропостачальної компанії.

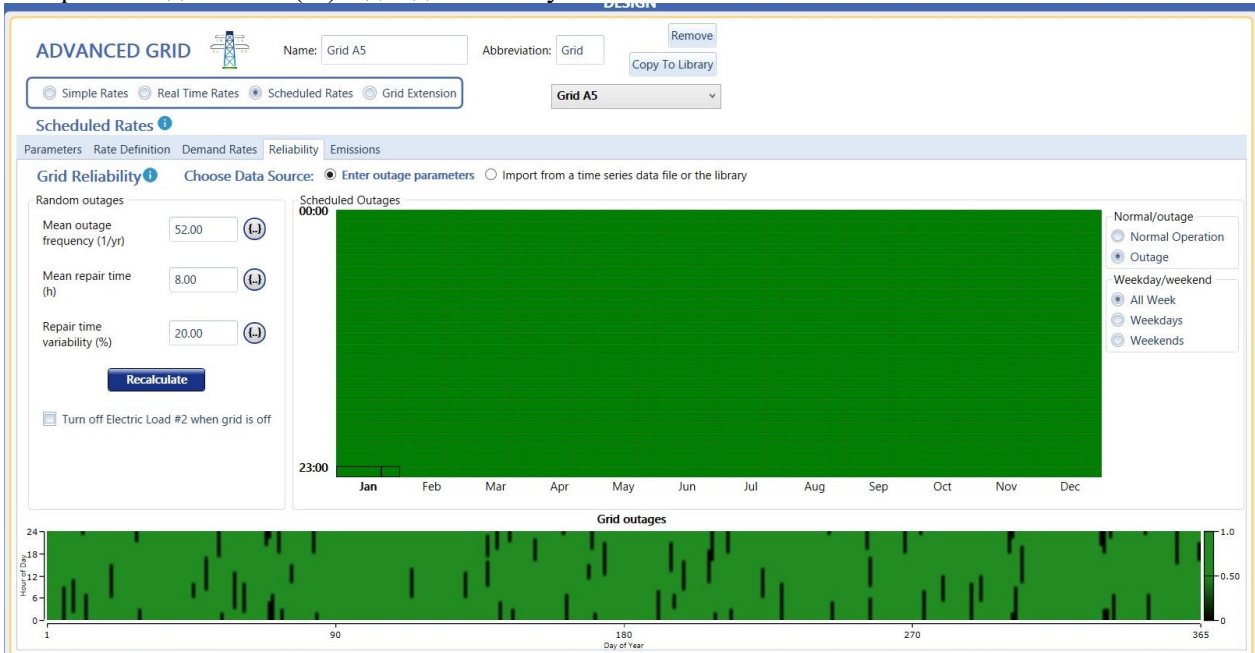


Рис. 3 – Профіль відключень гібридної мікромережі від електропостачальної компанії

Наступний компонент гібридної мікромережі – «Генератор» – розглядався дизельний генератор FULL FB – 450, позначений на рис. 1 як Fulljen. Для формування оптимальної архітектури мікромережі в якості можливих варіантів

вибору генератора був внесений ряд номінальних потужностей генераторів, які виготовляються виробником та можуть бути застосовані при оптимізації (рис. 4).

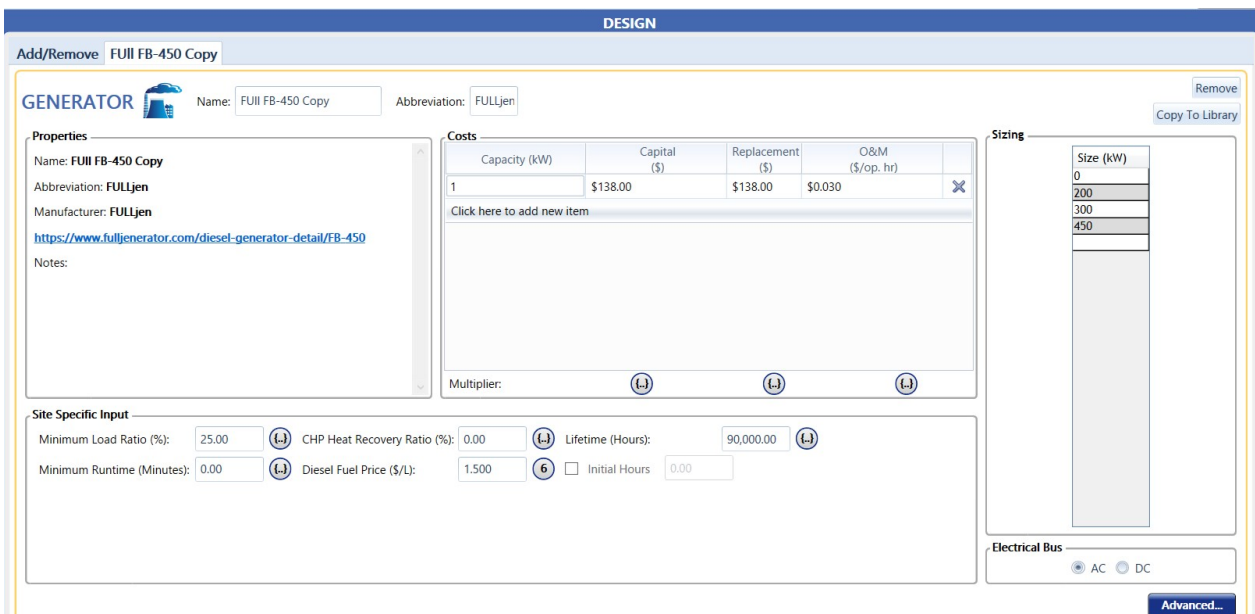


Рис. 4 – Компонент «Генератор», основне вікно параметрів

У вікні «Генератор» введена вартість та розмірні характеристики генератора.

У вкладці «Паливо» вказаний вид палива, яке використовує генератор, а також його вартість та максимальний рівень споживання. Параметри споживання палива у вигляді кривої споживання палива; розклад роботи генератора (примусове увімкнення, примусове вимкнення,

оптимізація); витрати на технічне обслуговування та час простою генератора; коефіцієнти викидів для генератора встановлено у вікні розширених налаштувань у відповідних вкладках (рис. 5).

Для аналізу чутливості роботи системи до поступового підвищення тарифів на дизельне паливо введений ряд тарифів з поступовим підвищенням вартості на 50%.

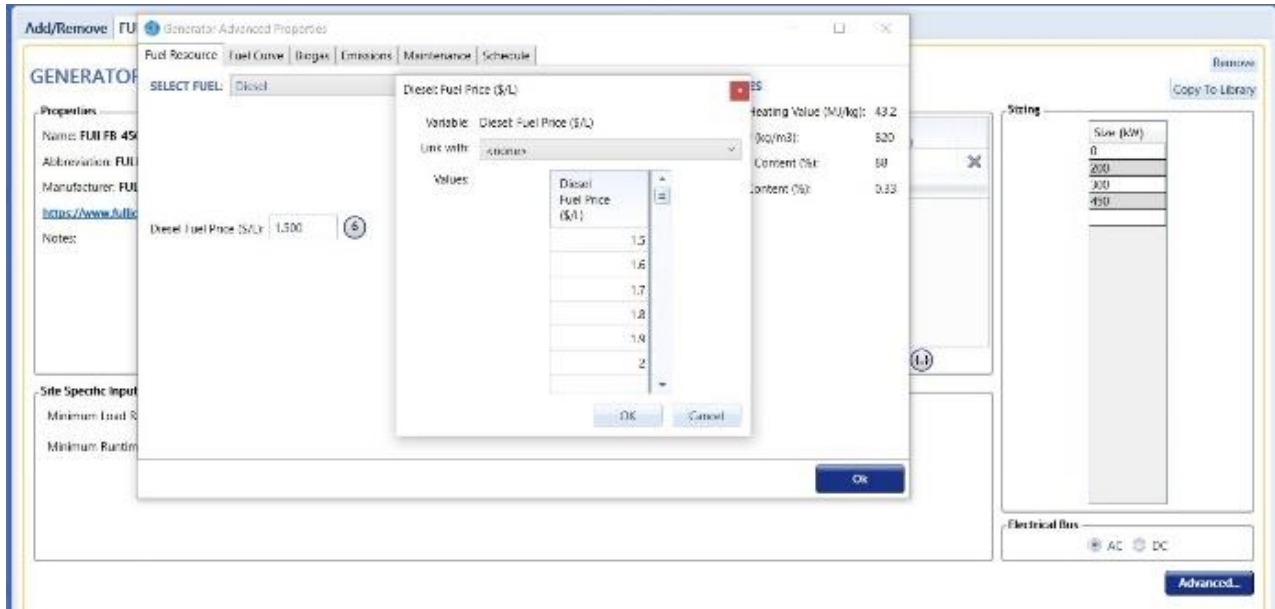


Рис. 5 – Компонент «Генератор», розширене вікно параметрів

Компонент мікромережі «PV» (масив фотоелектричних панелей) характеризується наступними параметрами: вартість капітальних вкладень, експлуатаційні витрати та орієнтація, а також розміри, які HOMER повинен враховувати під час пошуку оптимальної системи. Компонент «PV» може представляти як плоскі, так і концентруючі фотоелектричні технології. У проведених дослідженнях використані плоскі панелі. У вікні для введення розширених вхідних даних, встановлена змінна, яка враховує вплив температури

навколишнього середовища на ефективність панелей (рисунок 6).

HOMER використовує таке рівняння для розрахунку потужності фотоелектричної батареї:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left( \frac{\overline{G}_T}{\overline{G}_{T,STC}} \right) \left[ 1 + \alpha_P (T_c - T_{c,STC}) \right]$$

де  $Y_{PV}$  - номінальна потужність фотоелектричної

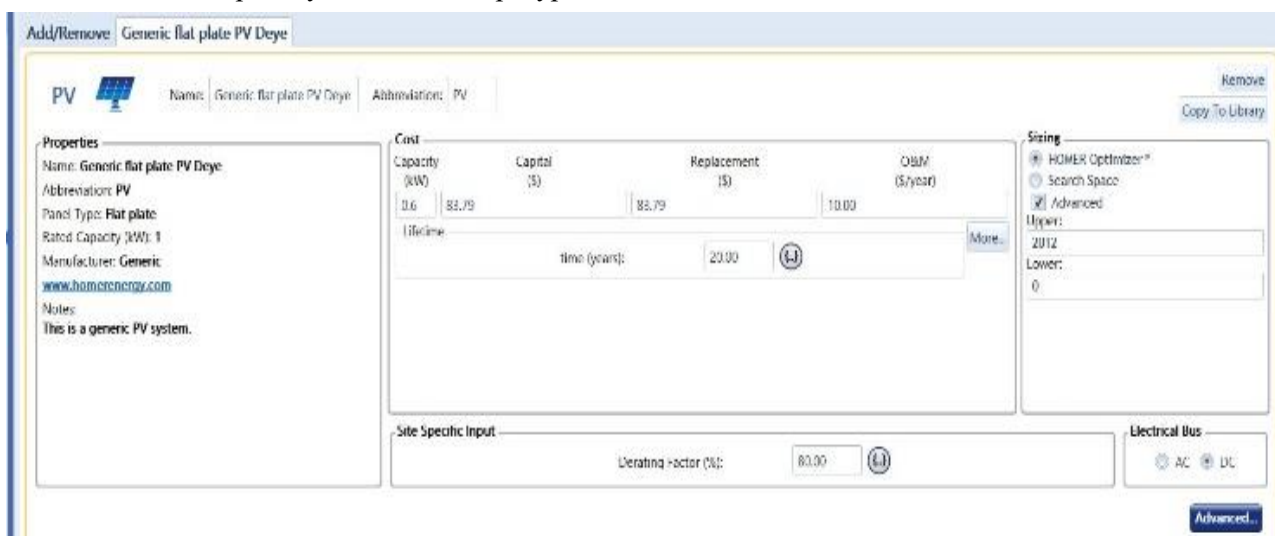


Рис. 6 – Компонент «PV», розширене вікно параметрів.

батареї, тобто її вихідна потужність за стандартних умов випробувань, [кВт];

$f_{PV}$  - коефіцієнт зниження номінальної потужності фотоелектричної системи, [%];

$\overline{G_T}$  - сонячна радіація, що падає на фотоелектричну батарею в поточному часовому кроці, [кВт/м<sup>2</sup>];

$\overline{G_{T,STC}}$  - інтенсивність падаючого випромінювання за стандартних умов випробувань, [кВт/м<sup>2</sup>];

$\alpha_p$  - температурний коефіцієнт потужності, [%/°C];

$T_c$  - температура фотоелемента на поточному часовому кроці, [°C];

$T_{c,STC}$  - температура фотоелемента за стандартних умов випробувань, [25 °C].

Якщо не моделювати вплив температури на фотоелектричну систему, HOMER припускає, що температурний коефіцієнт потужності дорівнює нулю, внаслідок чого наведене вище рівняння спрощується і має наступний вигляд:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left( \frac{\overline{G_T}}{\overline{G_{T,STC}}} \right).$$

В якості компонента мікромережі «Storage» обрано батарею акумуляторів типу Deye SE - G5.1 Pro-B LiFePO<sub>4</sub>, 51.2V, 100Ah, 5.12 kWh з позначенням терміну експлуатації, вартості капітальних вкладень та технічного обслуговування. Економічно доцільна ємність автоматично вибиралась оптимізатором HOMER.

Оскільки в мікромережі присутні шини постійного струму DC та змінного AC обов'язковим елементом архітектури схеми є конвертор. Основні параметри конвертора, що необхідні для моделювання: початкова вартість компонента, ефективність перетворювання, мінімальна та максимально можлива потужність. За допомогою оптимізатора HOMER оптимальна потужність конвертора автоматично підбиралась у просторі пошуку між нижньою та верхньою межами.

Особливу роль в моделі мікромережі відіграє компонент «Controller». Він дозволяє задати, як система HOMER буде працювати під час моделювання. Кожен з доступних контролерів має унікальний алгоритм керування або «стратегію розподілу навантаження». Якщо додати до моделі кілька компонентів контролера, HOMER змоделює та оптимізує систему з кожним контролером і представить результати, щоб порівняти ефективність роботи з кожним алгоритмом керування. В моделюванні мікромережі багатопровер-

хового будинку використовувались два основних контролери: «Load Following» (слідування за навантаженням) та «Cycle Charging» (циклічне зарядження).

Згідно зі стратегією слідування за навантаженням [5-7], коли генератор необхідний, він виробляє лише ту кількість електроенергії, яка потрібна для задоволення попиту. Слідування за навантаженням, як правило, є оптимальним у системах із великою часткою відновлюваних джерел енергії, коли потужність відновлюваних джерел іноді перевищує навантаження. У таблицях результатів слідування за навантаженням позначається аббревіатурою «LF». Відповідно до стратегії «циклічного зарядження», щоразу, коли генератор має працювати, він працює на повній потужності, а надлишкова енергія спрямовується на зарядження акумуляторної батареї. «Циклічне зарядження», як правило, є оптимальним у системах, де частка відновлюваної енергії незначна або її взагалі немає. У таблицях результатів циклічного зарядження позначається аббревіатурою «CC». Якщо встановити задане значення рівня заряду в стратегії «циклічного зарядження», генератор не припинить заряджати акумуляторну батарею, доки вона не досягне заданого рівня заряду.

Дослідженням передбачено аналіз впливу на роботу мікромережі збільшення вартості електроенергії, що отримується від енергопостачальної компанії як для денного, так і для нічного тарифу та збільшення вартості дизельного палива, необхідного для роботи генератора. В системі HOMER такий аналіз називається аналізом чутливості і проводиться введенням кілька значень для певної вхідної змінної. HOMER повторює процес оптимізації для кожного значення цієї змінної та дозволяє побачити, як це впливає на результати [7]. Ще одна причина проведення аналізу чутливості полягає в тому, щоб результати одного аналізу можна було застосувати до кількох об'єктів. На рис. 7 представлений перелік змінних, введених в гібридну мікромережу для аналізу чутливості.

#### 4 Результати досліджень

В процесі моделювання HOMER виконує розрахунки енергетичного балансу досліджуваної мікромережі для кожного годинного інтервалу протягом року. Попит на електроенергію на кожному інтервалі порівнюється з величиною кожного інтервалі порівнюється з величиною енергії, яку можна отримати з усіх джерел енергії, під'єднаних до мікромережі.

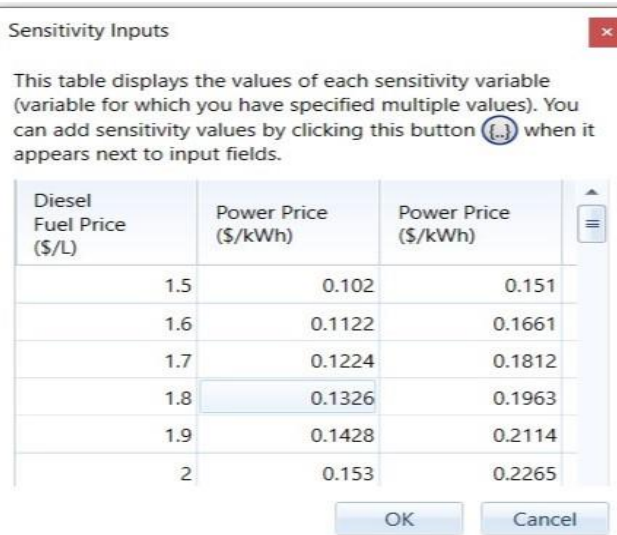


Рис. 7 – Перелік змінних, введених для проведення аналізу чутливості

Далі розраховуються потоки енергії для кожного компонента системи з урахуванням напряду потоку.

Аналогічні розрахунки виконуються для всіх можливих конфігурацій компонентів, що входять у склад мікромережі.

Для оцінки економічних показників конфігурацій розрахунки проведені протягом всього життєвого циклу проекту у 25 років. В якості базової конфігурації була обрана система у складі енергопостачальної компанії та дизельного генератора.

В результаті виконання моделювання, яке складалось з 625651 симуляцій, з яких виявилися реальними до впровадження 462864. Найкращою виявилась конфігурація з наступних компонентів:

- енергопостачальна компанія,
- дизельний генератор потужністю 300 кВт,
- фотоелектричні панелі потужністю 420 кВт,
- батарея акумуляторів ємністю  $5,12 \cdot 16 = 81,9$  кВтг
- конвертер потужністю 136 кВт.

Представлений варіант мікромережі за умови управління за принципом «слідування за навантаженням» має наступні економічні показники:

- чиста приведена вартість (NPC) - \$1.2 млн,
- внутрішня норма рентабельності (IRR) – 26%,
- рентабельність інвестицій (ROI) – 21%,
- термін повернення коштів – 3,9 р.

На рис. 8 відображено графіки потоків коштів (cash flow) для базової та переможної конфігурації компонентів мікромережі, а на рисунку 9 діаграма помісячного виробітку електроенергії компонентами мікромережі. На рисунку 10 показана порівняльна таблиця восьми прорахованих варіантів комплектування мікромережі з найбільш високими економічними показниками.

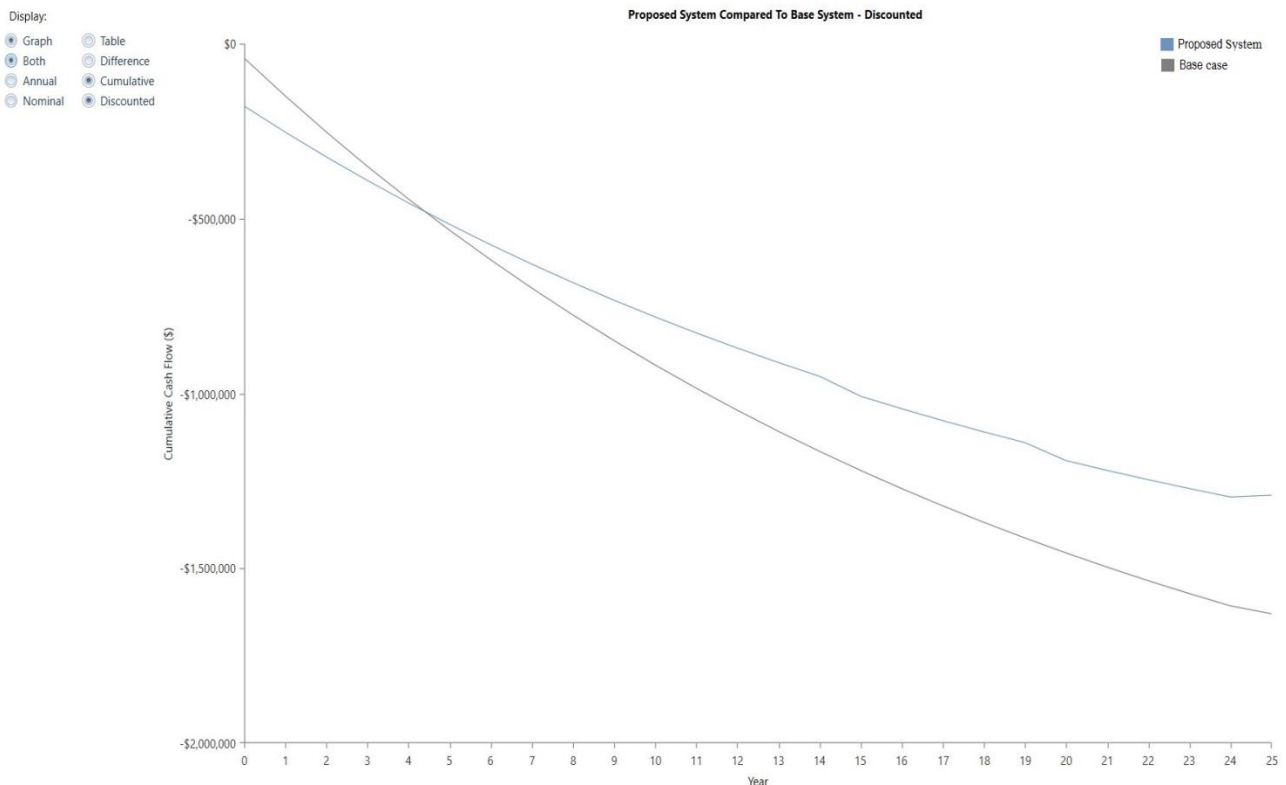


Рис. 8 – Графіки потоків коштів (cash flow)

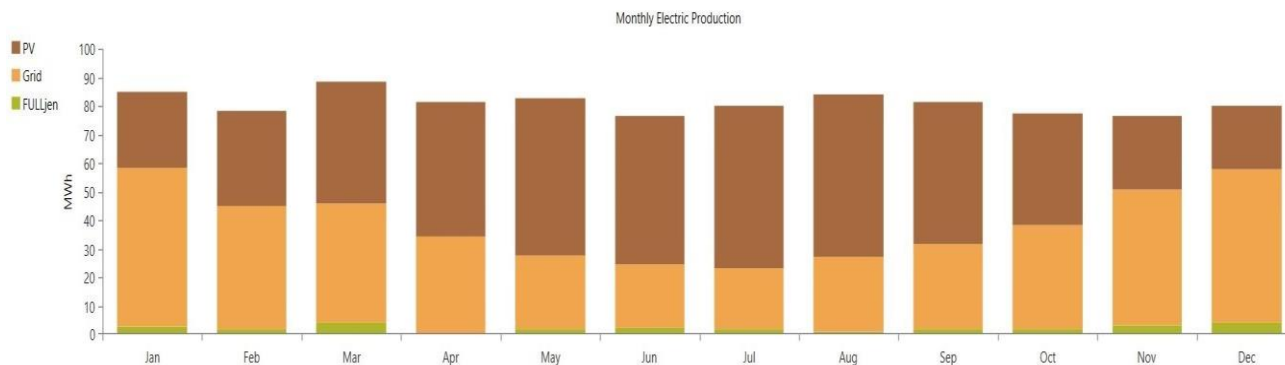


Рис. 9 – Діаграма помісячного виробітку електроенергії компонентами мікромережі

Architecture										Cost				
⚠	🔌	🔌	🔌	🔌	PV (kW)	FULLjen (kW)	LiFePO4	Grid (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)
					420	300	16	999,999	136	LF	\$1.29M	\$0.125	\$79,099	\$178,621
					377	300		999,999	129	CC	\$1.32M	\$0.128	\$84,563	\$132,893
						300		999,999		CC	\$1.63M	\$0.158	\$112,981	\$41,400
						300	2	999,999	3.23	LF	\$1.64M	\$0.159	\$113,129	\$47,078
					1,157	300	204		233	LF	\$2.27M	\$0.220	\$108,095	\$753,117
							262	999,999	621	CC	\$2.70M	\$0.261	\$134,623	\$803,048
						300	45		116	CC	\$3.94M	\$0.381	\$267,135	\$182,261
⚠					1,593	450			207	CC	\$4.80M	\$0.465	\$317,054	\$346,629
						450				CC	\$6.16M	\$0.597	\$433,994	\$62,100

Рис. 10 – Порівняння економік варіантів мікромережі з найвищими показниками

В табл. 2 представлені кількість викидів у атмосферу найкращим економічним варіантом мікромережі.

Таблиця 2 - Обсяги викидів, обумовлених роботою гібридної мікромережі.

Вид викидів	значення	од. вим.
двоокис вуглецю	289622	кг/рік
окис вуглецю	4.75	кг/рік
неспалені вуглеводні	0.147	кг/рік
тверді частинки	0.294	кг/рік
діоксин сірки	1.226	кг/рік
оксиди азоту	690	кг/рік

## 5 Висновки

Спираючись на отримані дані можна зробити наступні висновки:

1) Для розглянутого об'єкту - двосекційної, п'ятиповерхової будівлі за допомогою програмного комплексу HOMER отримані економічно оптимальні параметри гібридної мікромережі.

2) Присутність у складі мікромережі фотоелектричних панелей, доля виробітку електроенергії яких складає 52,3% від всієї виробленої в мікромережі, сприяє зниженню кількості шкідливих викидів в атмосферу.

3) Проведений аналіз дає можливість зробити висновок про доцільність застосування двозонного тарифу на електроенергію.

## 6 Рекомендації

Враховуючи численні можливості програмного комплексу HOMER для моделювання режимів роботи автономних систем забезпечення електроспоживання є доцільним використання програмного комплексу для розрахунку аналогічних гібридних мікромереж в інших житлових будинках з урахуванням можливості продавання електроенергії енергопостачальній компанії.

## Конфлікти інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів стосовно поточного дослідження, включаючи фінансові, особисті, авторські чи будь-які інші, які могли б вплинути на дослідження, а також на результати, представлені в цій статті.

## Фінансування

Дослідження проводилося за рахунок особистих коштів авторів.

### Наявність даних

В тексті статті доступні усі дані, як у числовій, так і в графічній формах.

### Використання штучного інтелекту

Автори заявляють про використання інструменту штучного інтелекту: ChatGPT model (OpenAI GPT-5, версія 2025), номер 5.0.1. Інструмент штучного інтелекту використовувався при формуванні структурних елементів «Анотація», «Висновки», надані інструментом штучного

інтелекту, зменшили вплив лексичних та граматичних помилок.

### Внесок авторів

*Біляєв В. Л.*: наукове керівництво, розробка методології, формування початкової версії тексту, загальне адміністрування та фінансування; *Павлюк А. М.*: концептуалізація та дослідження, візуалізація матеріалу, редагування основного тексту статті формування та оформлення списку літератури.

### Список використаної літератури

1. M. Jovanovic, "An analytical method for the measurement of ' energy systems sustainability in urban areas," FME Transactions, vol. 36, no. 4, pp. 157–166, 2008.
2. V. A. Ani, Energy optimization at GSM base station sites located in rural areas [Ph.D. thesis], 2015, [http://www.unn.edu.ng/publications/files/17774 ENERGY OPTIMIZATION AT GSM BASE STATION SITES LOCATED IN RURAL AREAS.pdf](http://www.unn.edu.ng/publications/files/17774_ENERGY_OPTIMIZATION_AT_GSM_BASE_STATION_SITES_LOCATED_IN_RURAL_AREAS.pdf).
3. D. Mayer and M. Heidenreich, "Performance analysis of standalone PV systems from a rational use of energy point of view," in Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, pp. 2155–2158, IEEE, Osaka, Japan, May 2003.
4. S. Ashok, "Optimised model for community-based hybrid energy system," Renewable Energy, vol. 32, no. 7, pp. 1155–1164, 2007.
5. D. K. Lal, B. B. Dash, and A. K. Akella, "Optimization of PV/ Wind/Micro-Hydro/diesel hybrid power system in homer for the study area," International Journal on Electrical Engineering and Informatics, vol. 3, no. 3, pp. 307–325, 2011.
6. H. Abdollahimi and H. K. Karegar, "Optimization and sensitivity analysis of a hybrid system for a reliable load supply in KISH IRAN," International Journal of Advanced Renewable Energy Research, vol. 1, no. 4, pp. 33–41, 2012.
7. K. Sopian, A. Zaharim, Y. Ali, Z. M. Nopiah, J. A. B. Razak, and N. S. Muhammad, "Optimal operational strategy for hybrid renewable energy system using genetic algorithms," WSEAS Transactions on Mathematics, vol. 7, no. 4, pp. 130–140, 2008.
8. T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower system modeling with HOMER," in Integration of Alternative Sources of Energy, F. A. Farret and M. G. Simoes, Eds., chapter 15, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 2006.
9. R. Dufo-Lopez and J. L. Bernal-Agustín, "Design and control strategies of PV-diesel systems using genetic algorithms," Solar Energy, vol. 79, no. 1, pp. 33–46, 2005.
10. Al-Saleh, Y., 2009. Renewable energy scenarios for major oil-producing nations: the case of Saudi Arabia. Futures 41 (9), 650e662.
11. Such, M.C., Hill, C., 2012. Battery Energy Storage and Wind Energy Integrated into the Smart Grid. Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2012 IEEE PES. IEEE.
12. Mohod, S.W., Aware, M.V., 2012. Micro wind power generator with battery energy storage for critical load. Syst. J. IEEE 6 (1), 118e125.
13. Mahmoud Al-suod, Busher Victor, Tytiuk Valerii, Chorna Olha, Sivyakova Galina, Mohammad Zannon, Dmytro Zhuk (2025). Forecasting Energy Consumption of a Mining Plant Using Artificial Neural Networks. IEEE Access E-ISSN:2169-3536, vol. 13, pp. 63237-63247, 2025. Access-2025-00740 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3558445>

### References

1. M. Jovanovic, "An analytical method for the measurement of ' energy systems sustainability in urban areas," FME Transactions, vol. 36, no. 4, pp. 157–166, 2008.

2. V. A. Ani, Energy optimization at GSM base station sites located in rural areas [Ph.D. thesis], 2015, [http://www.unn.edu.ng/publications/files/17774 ENERGY OPTIMIZATION AT GSM BASE STATION SITES LOCATED IN RURAL AREAS.pdf](http://www.unn.edu.ng/publications/files/17774_ENERGY_OPTIMIZATION_AT_GSM_BASE_STATION_SITES_LOCATED_IN_RURAL_AREAS.pdf).
3. D. Mayer and M. Heidenreich, "Performance analysis of standalone PV systems from a rational use of energy point of view," in Proceedings of the 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, pp. 2155–2158, IEEE, Osaka, Japan, May 2003.
4. S. Ashok, "Optimised model for community-based hybrid energy system," Renewable Energy, vol. 32, no. 7, pp. 1155–1164, 2007.
5. D. K. Lal, B. B. Dash, and A. K. Akella, "Optimization of PV/ Wind/Micro-Hydro/diesel hybrid power system in homer for the study area," International Journal on Electrical Engineering and Informatics, vol. 3, no. 3, pp. 307–325, 2011.
6. H. Abdollahimi and H. K. Karegar, "Optimization and sensitivity analysis of a hybrid system for a reliable load supply in KISH IRAN," International Journal of Advanced Renewable Energy Research, vol. 1, no. 4, pp. 33–41, 2012.
7. K. Sopian, A. Zaharim, Y. Ali, Z. M. Nopiah, J. A. B. Razak, and N. S. Muhammad, "Optimal operational strategy for hybrid renewable energy system using genetic algorithms," WSEAS Transactions on Mathematics, vol. 7, no. 4, pp. 130–140, 2008.
8. T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, "Micropower system modeling with HOMER," in Integration of Alternative Sources of Energy, F. A. Farret and M. G. Simoes, Eds., chapter 15, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 2006.
9. R. Dufo-Lopez and J. L. Bernal-Agustín, "Design and control strategies of PV-diesel systems using genetic algorithms," Solar Energy, vol. 79, no. 1, pp. 33–46, 2005.
10. Al-Saleh, Y., 2009. Renewable energy scenarios for major oil-producing nations: the case of Saudi Arabia. Futures 41 (9), 650e662.
11. Such, M.C., Hill, C., 2012. Battery Energy Storage and Wind Energy Integrated into the Smart Grid. Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2012 IEEE PES. IEEE.
12. Mohod, S.W., Aware, M.V., 2012. Micro wind power generator with battery energy storage for critical load. Syst. J. IEEE 6 (1), 118e125.
13. Mahmoud Al-suod, Busher Victor, Tytiuk Valerii, Chorna Olha, Sivyakova Galina, Mohammad Zannon, Dmytro Zhuk (2025). Forecasting Energy Consumption of a Mining Plant Using Artificial Neural Networks. IEEE Access E-ISSN:2169-3536, vol. 13, pp. 63237-63247, 2025. Access-2025-00740 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3558445>

Отримано (Received) 10.04.2026

Отримано після доопрацювання (Received after revision) 24.04.2026

Прийнято (Accepted) 04.05.2026

Опубліковано (Published) 31.05.2026

## Optimization of Hybrid Energy System Component Selection for Power supply of Multi-Apartment Residential Building Consumers

V. L. Biliaiev <sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-4033>; e-mail: [biliaiev@op.edu.ua](mailto:biliaiev@op.edu.ua)

A. M. Pavliuk <sup>1</sup>, Postgraduate Student

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2034-9158>; e-mail: [8332965@as.op.edu.ua](mailto:8332965@as.op.edu.ua)

<sup>1</sup> Odessa National Polytechnic University

**Abstract.** Amid martial law in Ukraine and a significant electricity shortage caused by damage to the power infrastructure resulting from numerous bombings by the aggressor country, there is a growing demand for electricity from alternative energy sources. This article is devoted to the study of the operating modes of a complex hybrid microgrid designed to power a two-section, five-story building located in Odessa, Ukraine. The microgrid consists of:

– a transformer substation (TS) with a 630 kVA transformer;

– a photovoltaic (PV) station, consisting of PV panels, a hybrid converter, and a battery bank;

– a diesel generator.

The objective of the study was to determine the following characteristics of the hybrid microgrid under conditions of restricted power supply from the power grid:

- optimal capacity of the PV panels;
- optimal capacity of the DC-to-AC converter;
- optimal capacity and power of the storage battery;
- rated power of the diesel generator.

Net Present Cost (NPC) was selected as the objective function. Modeling was performed using the Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) software package. The modeling process also took into account the reduction in CO<sub>2</sub> emissions compared to a traditional power supply system for a residential complex.

**Keywords:** hybrid power grid, HOMER, optimization, photovoltaic panel, diesel generator, renewable energy.

*Article citation:* Biliaiev V. L. and Pavliuk A. M. (2026). Optimization of Hybrid Energy System Component Selection for Power supply of Multi-Apartment Residential Building Consumers. *Electrotechnic and Computer Systems*, 2026, 46(122), pp.60-70. doi:<https://doi.org/10.15276/eltecs.46.122.2026.6>

#### Про авторів (About the authors)



**Біляєв Володимир Леонідович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Національний університет «Одеська політехніка»; просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна.  
E-mail: [biliaiev@op.edu.ua](mailto:biliaiev@op.edu.ua)

**Volodymyr Biliaiev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of the Electricity and Energy Management, Odesa Polytechnic National University; 1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine.  
E-mail: [biliaiev@op.edu.ua](mailto:biliaiev@op.edu.ua)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2915-4033>



**Павлюк Андрій Михайлович**, аспірант кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Національний університет «Одеська політехніка»; просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна.  
E-mail: [8332965@as.op.edu.ua](mailto:8332965@as.op.edu.ua)

**Andrii Pavliuk** Postgraduate Student of Department of Electricity and Energy Management, Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine.  
E-mail: [8332965@as.op.edu.ua](mailto:8332965@as.op.edu.ua)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-2034-9158>