

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ АВТОНОМНОЇ ФОТО-ДИЗЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Коробка С. В., к.т.н., доцент, e-mail: [korobkasv@ukr.net](mailto:korobkasv@ukr.net)Сиротюк С. В., к.т.н., доцент, e-mail: [ssyr@ukr.net](mailto:ssyr@ukr.net)Стукалець І. Г., к.т.н., доцент, e-mail: [igorstukalets@gmail.com](mailto:igorstukalets@gmail.com)Станицький Т. О., e-mail: [stanytskyytaras@gmail.com](mailto:stanytskyytaras@gmail.com)

Львівський національний університет природокористування

**Актуальність дослідження.** Збільшення використання відновлюваних джерел енергії для створення автономних гібридних енергетичних систем є актуальним завданням з метою зменшення впливу на навколишнє середовище, відмови від використання дизельних генераторів та зниження операційних витрат під час виробництва електроенергії в інтелектуальних мережах з розподіленою генерацією, зокрема з використанням "зелених" джерел енергії. Ця проблема особливо актуальна для стільникових веж мобільного зв'язку, віддалених житлових районів і інших децентралізованих споживачів, чия потужність становить десятки або навіть сотні кіловат.

**Мета дослідження.** Розробка комп'ютерних моделей для оптимізації управління роботою автономних фото-дизельних систем електропостачання, які використовують постійний струм для інтеграції електроенергії від різних джерел, може бути досить доцільною. Ці моделі дозволять мінімізувати час, протягом якого потрібно включати дизель-генератор у випадках аварій або інших пошкоджень, забезпечуючи оптимальну роботу системи при мінімальних витратах. Такий підхід сприятиме збільшенню внеску фотоелектричної станції у загальний баланс енергії при збереженні вигідних техніко-економічних показників. Крім того, використання системи з постійним струмом може допомогти значно зменшити час без продуктивної роботи дизель-генератора, що в свою чергу призведе до економії пального і подовження терміну служби резервного джерела електропостачання, зокрема дизель-генератора (ДГ).

**Основні матеріали дослідження.** Ця робота розширює існуючі методи моделювання та оптимізації автономних гібридних енергетичних установок, які використовують постійний струм. Розширення полягає в використанні нової цільової функції з врахуванням відповідностей та обмежень, а також в адаптації моделей для врахування конкретних техніко-економічних аспектів системи електропостачання. В роботі використовуються доступні комерційні характеристики обладнання, які використовуються в системі, для забезпечення точності аналізу техніко-економічних показників.

Дослідження передбачає створення комп'ютерних моделей для інтелектуального управління автономним гібридним енергетичним комплексом, який включає в себе фотоелектричну станцію,

Рисунок 1 – Схема системи живлення фото-дизеля малої потужності

дизель-генераторну установку, систему зберігання електричної енергії, розподіленого споживача та інші допоміжні пристрої. Моделювання процесів управління виконується за допомогою бібліотеки Stateflow та синтаксису мови високого рівня Matlab, які дозволяють досягти бажаних цілей. Для оптимізації загальних витрат на будівництво та експлуатацію системи використовується функція Intlinprog. Цей підхід дозволяє розподілити вироблену електроенергію між різними компонентами енергетичної системи і використовувати технологію постійного струму для досягнення максимальних технічних та економічних переваг. Нижче наведено функцію для мінімізації цінності цільової функції:

$$f(x) = n_1 C_{spec}^{PV} W_{PV} + n_2 C_{spec}^{DG} W_{DG} + n_3 C_{spec}^{EES} W_{EES} \quad (1)$$

де WPV, WDG і WEES є фактичним річним виробництвом електроенергії кожним генеруючим джерелом, а також кількість енергії, накопиченої в станції;  $n_1, n_2, n_3$  – вектори шуканого змінні: оптимальна кількість фотоелектричних модулів, частина енергії, взятої з ДГ, оптимальна кількість моноблоків станції відповідно:

$$\begin{cases} n_1, n_2, n_3 \geq 0 \\ n_1 \leq n_{\max}^{PV} \\ n_2 \leq W_{DG} \\ n_1 W_{PV} + n_2 W_{DG} + n_3 W_{EES} = W_{load} \end{cases} \quad (2)$$

Річний визначаються витрати на обслуговування фотоелектричного модуля і отримані річні витрати (3) діляться на кожен кВт·год виробленої електроенергії за сезон.

$$C_{spec}^{PV} = \frac{Price^{PV}}{LT_{PV} W_{sum\_pvy}} \quad (3)$$

де PricePV – ціна одного фотоелектричного модуля; LTPV – номінальний термін служби.

Облік собівартості функціонування ДГ (4) складається з двох компонентів: вартість апарату та вартість палива. Витрата палива наведено при середньому коефіцієнті навантаження (Load\_factor2) середній день кожної пори року:

$$C_{pec}^{DG} = \frac{Fuel\_cost}{Load\_factor2 \cdot P_{pomDG}} + \frac{Price^{DG}}{Load\_factor2 \cdot P_{pomDG} \cdot 8760 \cdot LT_{DG}} \quad (4)$$

де Fuel\_cost – вартість палива; PriceDG – ціна DG; LTDG – термін його служби.

Основним показником економічної вигідності є вартість виробництва 1 кВт·год електроенергії (вираз 5). Цей показник обчислюється на підставі такої формули:

$$COE = \frac{\frac{1}{T} K + C}{P_{rated}} \quad (5)$$

де Prated – номінальна потужність джерела живлення (кВт); K – загальний обсяг інвестицій в електростанцію, \$; T – економічний термін служби обладнання, років; C – загальні річні експлуатаційні витрати, \$.

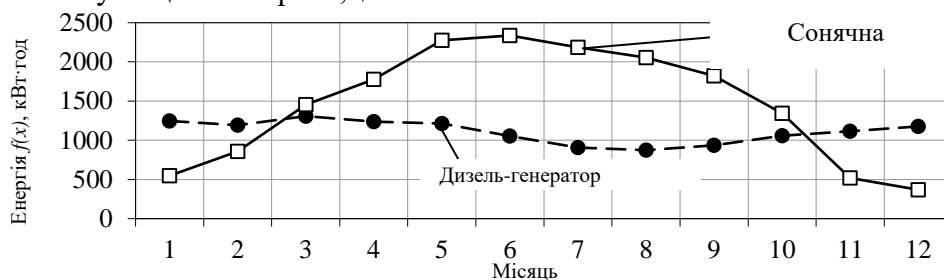


Рисунок 2 – Показники роботи фото-дизельної системи електропостачання постійного потоку для всього сезону роботи

**Висновок.** Дослідження показує, що використання фото-дизельних систем електропостачання на постійному струмі може бути економічно доцільним у всіх сценаріях, які включають в себе різні види акумуляторних батарей. Проте, для системи без зберігання електроенергії, використання розподілу постійного струму часто не є економічно обґрунтованим. Отримані результати будуть корисні фахівцям, які займаються розробкою або експлуатацією автономних систем електропостачання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Substantiation of economic efficiency of using a solar dryer under conditions of personal peasant farms / Babych M., Korobka S., Skrynkovskyy R., Korobka S., Krygul R. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. **2016**. Vol. 6, Issue 6/8 (84). P. 41–47. doi: [10.15587/1729-4061.2016.83756](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.83756)