

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ЛОКАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ REOPT WEB TOOL

Мороз О.М., д.т.н., проф., e-mail: moroz.an@ukr.net;

Тоберт М.Ю., аспірант, e-mail: tobert.mikhail@gmail.com
(ДБТУ, м. Харків, Україна)

This study uses the REopt Web Tool to analyze the resilience of local energy systems, optimize the use of renewable energy sources, and assess the effectiveness of energy storage solutions.

У липні 2024 року Кабінет Міністрів України схвалив Стратегію розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року та затвердив операційний план заходів з її реалізації на 2024–2026 роки [1]. Вона передбачає активне впровадження розподілених джерел енергії для підвищення стійкості та надійності локальних електричних систем (ЛЕС). Одним із ключових викликів у цьому процесі є адаптація електромереж до змін в енергетичному балансі, зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та необхідність ефективного управління ресурсами. Забезпечення стійкості ЛЕС набуває особливого значення в умовах децентралізації енергосистем та зовнішніх загроз, зокрема військової агресії Росії проти України. Коливання попиту, нестабільність генерації з ВДЕ та потреба в оптимізації розподілу енергії вимагають застосування сучасних аналітичних інструментів. Одним із таких є REopt Web Tool [2] – програмний комплекс, що дозволяє моделювати режими роботи енергетичних систем та визначати оптимальні стратегії їхнього розвитку.

Метою даної роботи є аналіз стійкості та надійності ЛЕС за допомогою REopt Web Tool, визначення оптимального складу енергетичних ресурсів та оцінка економічної ефективності впровадження різних технологічних рішень. Зокрема, досліджується можливість підвищення стійкості енергопостачання шляхом комбінування різних джерел енергії, встановлення акумуляторних систем та визначення найбільш раціональних режимів експлуатації.

REopt Web Tool – це програмне забезпечення, розроблене Національною лабораторією відновлюваної енергії (National Renewable Energy Laboratory - NREL) у США. Воно використовується для аналізу та оптимізації мікромереж, інтеграції ВДЕ та оцінки економічної доцільності впровадження нових енергетичних технологій [2-3].

Методика дослідження включає такі основні етапи:

- Аналіз вихідних даних: визначення параметрів системи, таких як тип електромережі, енергетичні цілі (економія коштів та стійкість) та технології генерації і накопичування електричної енергії.
- Розробка сценаріїв моделювання: створення різних варіантів роботи системи, враховуючи зміну кліматичних умов, коливання попиту та можливі перебої в енергопостачанні.
- Оптимізація енергосистеми: визначення економічно доцільного складу обладнання, прогнозування виробництва енергії та вибір оптимального режиму роботи електромережі.

- Оцінка ефективності систем зберігання енергії: аналіз використання акумуляторних систем для згладжування пікових навантажень, мінімізації втрат та забезпечення резервного живлення.

- Дослідження екологічного впливу: оцінка рівня викидів CO₂ та інших шкідливих речовин залежно від обраного енергетичного балансу.

Для початку розрахунку стійкості системи в REopt необхідно у Step 1 обрати кількість об'єктів, що досліджуються. У Step 2 слід активувати параметр Resilience, що дозволяє оцінювати стійкість системи. На Step 3 визначаються відповідні технології для аналізу. Далі, у Step 4, вводяться вихідні дані об'єкта, зокрема: точне місце розташування, тариф на електроенергію, тип будівлі, річне споживання енергії, характеристики фотоелектричних модулів, акумуляторних батарей тощо.

Для моделювання стійкості ЛЕС у Step 4 необхідно перейти до параметру Resilience та вказати Critical load factor, що визначає частку електричного навантаження, яку слід забезпечити під час відключення мережі. Цей коефіцієнт множиться на типове навантаження для визначення критичного навантаження, яке система повинна підтримувати протягом зазначеного періоду відключення. Додатково вказуються Outage duration (тривалість відключення) та Number of Outages (кількість відключень). REopt підтримує як модель з одним відключенням, так і сценарій з множинними відключеннями, який є більш актуальним на сьогодні для української енергосистеми в умовах енергетичних загроз.

Результати моделювання включають оптимальні параметри фотоелектричної системи, зокрема рекомендовану потужність сонячної електростанції, а також необхідну ємність та потужність акумуляторних батарей. Крім цього, REopt дозволяє змоделювати режими роботи ЛЕС для різних періодів відключення від централізованої мережі. Як правило при відключеннях моделюється режими роботи ЛЕС для забезпечення критичного навантаження системи. Інструмент також генерує детальний графік продуктивності на перший рік експлуатації та оцінює економічну вигоду за весь життєвий цикл фотоелектричних модулів (25 років).

Отже, REopt є потужним веб-інструментом для дослідження стійкості ЛЕС, що дозволяє оптимізувати використання енергетичних ресурсів та підвищити надійність енергопостачання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024 - 2026 роках. (2024). URL: <https://surl.gd/lwgovj>.
2. REopt Energy Integration & Optimization Home | NREL. (2025). URL: <https://surl.li/iopgyq>.
3. About REopt | REopt: Renewable Energy Integration & Optimization | NREL. (2025). URL: <https://surl.li/mbkjos>.