

## ОГЛЯД МЕТОДІВ БАЛАНСУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

**Кириленко В.М., доцент, Ципляєв К.О., студент**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії*

**Вступ.** Із збільшенням долі відновлюваних джерел енергії у структурі постачання енергоресурсів України все більшу важливість має балансування. ВДЕ являються зручним інструментом для зниження профіциту електроенергії у системі, але вони не можуть забезпечити додаткову генерацію у періоди профіциту. Балансування усієї Об'єднаної енергетичної системи України є вкрай складною задачею, особливо в умовах знищення енергетичних об'єктів. Більш оптимальним методом є балансування на локальних рівнях та поступовий перехід до Розумних Локальних Енергетичних Систем (РЛЕС). РЛЕС являє собою локальну енергосистему (селище\район міста), готову до часткової або повної автономії.

**Мета роботи.** Огляд методів утворення та балансування локальних енергосистем для зменшення навантаження на ОЕС України.

**Матеріали і результати досліджень.** Основна ідея РЛЕС базується на проекті JPI Urban Europe "Smart Urban Isle" [1], що описується як «територія навколо (громадської) будівлі, яка локально збалансовує енергію настільки, наскільки це можливо, що призводить до мінімізації імпорту енергії з-за меж цієї території». У рамках даного дослідження розглядається лише електроенергетична складова, через що для концепту РЛЕС, на відміну від SUI, не є необхідним архітектурний аналіз задля зменшення витрат теплової енергії.

Баланс може бути покращений за рахунок використання чотирьох основних варіантів: а саме, гнучкого виробництва ВДЕ, технології "розумних мереж", обмежень генерації та систем зберігання електроенергії.

Основними методами гнучкого виробництва ВДЕ є методи, що полягають на використанні відновлюваного палива, в основному – біомаса або водень. У разі встановлення у таких системах додаткових установ для накопичення палива з'являється можливість оперативно регулювати потужність (але не більше ніж потужність встановленого електрообладнання).

Технології "розумних мереж" складаються із розумних лічильників, електроприборів та методів керування ними, тобто використовуватимуть регулювання зі сторони споживача. Така мережа може зміщувати піки навантаження за рахунок зміни часу включення електроприборів. Дослідження показали, що використання такого методу може зменшити пікові навантаження одного домогосподарства майже на 15% [2].

Обмеження потужності (ОП) може використовуватися для управління перевиробництвом ВДЕ шляхом обмеження пікових навантажень в енергосистемі. Наразі, у ОЕС України, обмеження потужності використовується лише як останній захід для забезпечення енергетичної безпеки. Тим не менш, в літературі зазначається, що обмеження є дуже ефективним методом для вирішення проблеми підвищення напруги, і воно вважається необхідним при надзвичайно високих рівнях проникнення

фотоелектричних станцій [3]. Для оператора мережі обмеження вважається найбільш економічно ефективним рішенням у порівнянні з удосконаленням мережі. Однак, для власників потужностей ВДЕ обмеження є несприятливим, оскільки воно обмежує доходи. Зберігання енергії може бути реалізовано шляхом використання декількох технологій (наприклад, акумуляторів або махових коліс), які можуть зберігати перевиробництво з відновлюваних джерел, що потім використовується в періоди дефіциту. Конкретні системи зберігання можуть також поглинати швидкі зміни або попиту, або переривчастого виробництва ВДЕ (наприклад, хмари, що проходять над сонячними панелями). Дослідження показують що теоретично системи накопичення є дуже ефективними в енергетичному балансуванні [4], але водночас є одним із найдорожчих методів.

Із урахуванням наведених методів, можна припустити що їх комплексне використання дозволить створити адекватне рішення для будь-якого випадку. Для сільської місцевості рекомендується створення генеруючих потужностей працюючих на біогазі, через широку доступність матеріалу для створення біогазу та велику гнучкість таких генеруючих потужностей у порівнянні із іншими ВДЕ. У міських умовах більший акцент має бути поставлений на використання розумних мереж, через малий ресурс для біогазових установок. Інші методи рекомендується використовувати при недостатній впливовості основних, так як вони є більш коштовними у разі зберігання енергії, або ж роблять регіон менш привабливим для інвесторів у ВДЕ у разі частого введення обмежень із невідповідними компенсаціями.

**Висновки.** В даній роботі приведено основні методи балансування, що є придатними для роботи у локальних енергосистемах. Введено термін Розумних Локальних Енергетичних Систем (РЛЕС), що використовуватимуть наведені у роботі методи. Методи балансування було оцінено за їх впливом на стан енергосистеми та за економічними показниками, що дає можливість оцінити порядок імплементації для кожного окремого випадку.

#### Перелік посилань

1. Smart Urban Isle. URL: <http://smarturbanisle.eu/> (дата звернення: 11.11.2022).
2. Zehir M. A., Bagriyanik M. Demand Side Management by controlling refrigerators and its effects on consumers. *Energy Convers. Manag.* 2012. № 64. С. 238–244. 10.1016/j.enconman.2012.05.012.
3. Karimi M., Mokhlis H., Naidu K., Uddin S., Bakar A.H.A. Photovoltaic penetration issues and impacts in distribution network - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2016. № 53. С. 594–605. 10.1016/j.rser.2015.08.042.
4. de Quevedo P.M., Allahdadian J., Contreras J., Chicco G. Islanding in distribution systems considering wind power and storage. *Sustainable Energy, Grids and Networks.* 2016. № 51. С. 56-66. 10.1016/j.segan.2015.12.002.