

електропостачанням або надання допоміжних послуг для електроенергетичної системи є новим популярним рішенням. Їхня популярність викликана зростаючими потребами у забезпеченні гнучкості, стабільності та передбачуваності електроенергетичних систем, у складі яких є значна або домінуюча частка альтернативних джерел енергії.

Сьогодні чітко прослідковується, що світова потреба в потужних та більш ефективних системах накопичення енергії є прямо пропорційною до темпів збільшення частки відновлюваних джерел енергії в загальному енергобалансі, динаміка зростання яких залишатиметься актуальною протягом найближчих десятиріч.

Література

1. У Китаї відзначається експоненційне зростання систем накопичення енергії. E-energy : веб-сайт URL: <https://e-energy.in.ua/novyny/u-kitayi-vidznachayetsya-eksponenciijne-zrostannya-sistem-nakopichennya-energiyi.html> (дата звернення: 10.04.2025).
2. У США потужності зберігання енергії можуть зрости на 89% у 2024 році. ЕкоПолітика : веб-сайт URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-ssha-potuzhnosti-zberigannya-energi-mozhut-zrosti-na-89-u-2024-roci/> (дата звернення: 10.04.2025).
3. Europe reached 4.5GW of battery storage installed in 2022; could hit 95GW by 2050. Energy-Storage.News : веб-сайт URL: <https://www.energy-storage.news/europe-reached-4-5gw-of-battery-storage-installed-in-2022-could-hit-95gw-by-2050/> (дата звернення: 10.04.2025).
4. Energy storage targets 2030 and 2050. EASE Storage : веб-сайт URL: <https://ease-storage.eu/publication/energy-storage-targets-2030-and-2050/> (дата звернення: 10.04.2025).
5. В Україні побудують систему накопичення енергії на 200 МВт. Укрінформ : веб-сайт URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3948078-v-ukraini-pobuduut-sistemu-nakopicenna-energi-na-200-mvt.html> (дата звернення: 10.04.2025).

УДК 621.31

Г. О. Макаrchук, І. В. Чміль, А. З. Стасів, І. М. Сисак, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРАХУНОК ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

H. Makarchuk, I. Chmil, A. Stasiv, I. Sysak, Ph.D., Assoc. Prof.

CALCULATION OF THE CENTER OF ELECTRICAL LOADS IN MODERN CONDITIONS

Центр електричних навантажень (ЦЕН) є критичним аналітичним інструментом для планування та експлуатації електричних мереж. Його точне визначення дозволяє мінімізувати втрати електроенергії, забезпечити економічно ефективне розміщення джерел живлення, трансформаторів, та зменшити навантаження на мережу. З огляду на зростаючу складність електричних систем, особливо із впровадженням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зростає актуальність удосконалених методів обчислення ЦЕН.

Базовий підхід до обчислення координат ЦЕН полягає у використанні формул середньозважених координат [1, 2]:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

де P_i - споживана потужність у точці i ;

x_i, y_i - координати цієї точки.

На рисунку 1 показано приклад розміщення ЦЕН (ТП) на території промислового підприємства.

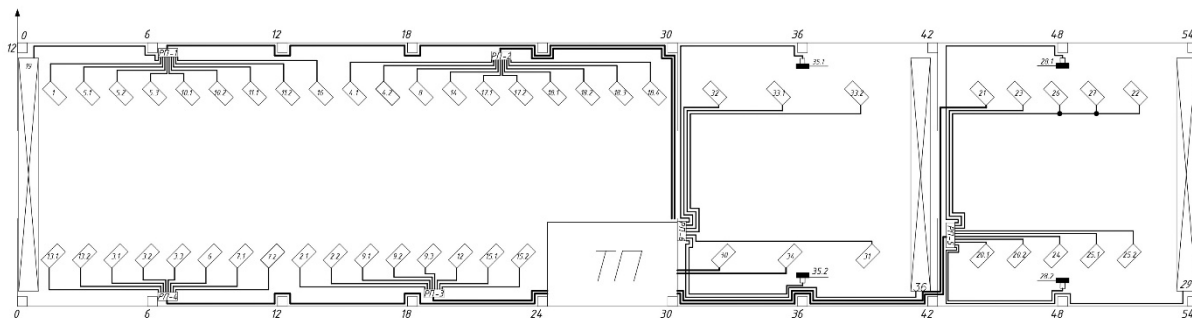


Рисунок 1. Приклад розміщення ЦЕН (ТП) на території промислового підприємства.

Однак цей підхід не враховує зміни в структурі навантаження з часом, сезонні коливання та інтеграцію ВДЕ.

Неправильне або застаріле положення ЦЕН веде до збільшення довжини ліній електропередач, що в свою чергу, спричиняє:

- Зростання втрат;
- Нерівномірний розподіл навантаження між секціями мережі;
- Збільшення витрат на обслуговування та реконструкцію.

Оптимізація розміщення ЦЕН у мережах середньої напруги дозволяє зменшити втрати на 15-25% залежно від топології системи.

Застосування алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) дозволяє автоматизувати розрахунок ЦЕН з урахуванням складних та нелінійних залежностей у мережі:

- Генетичні алгоритми – ітеративно оптимізують положення джерел живлення;
- Метод рою частинок – адаптується до змін у споживанні;
- Машинне навчання – прогнозує динаміку навантаження для майбутніх періодів.

Сучасні SCADA-системи дозволяють в реальному часі визначити зміщення ЦЕН протягом доби або тижня, особливо в районах з сильною сезонністю.

Результати розрахунку ЦЕН використовуються для:

- Оптимізації розміщення підстанцій і розподілу ліній;
- Аналізу впливу нових підключень (промислових, житлових);
- Моделювання поведінки мереж з ВДЕ (вітрові/сонячні станції);
- Проектування мікромереж з автономним або гібридним живленням.

Розрахунок центру електричних навантажень є фундаментально важливим для енергоефективності, економічності та стабільності сучасних електричних мереж. Поєднання класичних аналітичних методів з сучасними алгоритмами оптимізації, а також використання реальних даних у режимі онлайн дозволяє розв'язувати задачі на новому рівні точності та адаптивності.

Література

1. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2
2. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.