

МЕТОДИ БАЛАНСУВАННЯ ЕНЕРГОМЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК, ГАЗОПОРШНЕВИХ УСТАНОВОК ТА УСТАНОВОК ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Прудкий О.В., магістрант, **Марченко А.А.,** к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. В нинішніх умовах в ОЕС України склалася складна ситуація з балансуванням генерації та споживання. Через масовані атаки на енергетичну інфраструктуру, було втрачено велику кількість теплових електростанцій, що зменшило частку маневрової потужності. Також було втрачено повну потужність Запорізької АЕС, що суттєво зменшило постійну генерацію. В той же час спостерігається значне зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на ринку електроенергії, що у свою чергу спричиняє проблеми щодо маневреності енергосистеми. Розвиток ВДЕ само по собі не несе ніяких негативних впливів, якщо з ним паралельно розвивається система резервів маневрової традиційної генерації. Для ефективного балансування пропонується застосування установок зберігання енергії та газотурбінних установок для виконання вимог нормативних документів. [1], [2], [3].

Мета роботи. Визначити роль установок зберігання енергії газотурбінних та газопоршневих установок в енергосистемі.

Матеріали та результати досліджень. Балансування енергомережі – це швидкий автоматичний процес, який підтримує рівновагу між виробництвом і споживанням електроенергії. При збільшенні навантаження система не завжди може миттєво задовольнити додатковий попит на енергію. Спершу для компенсації нестачі використовується кінетична енергія обертових генераторів, які зменшують швидкість обертання, забезпечуючи так звану інерційну реакцію. Після цього генератори поступово збільшують потужність для стабілізації балансу.

Для балансування енергосистеми всі великі генеруючі установки мають мати резервні потужності, що активуються при потребі. Однак генерація з відновлюваних джерел (наприклад, вітрові і сонячні станції), яка залежить від погодних умов, зазвичай не бере участі в такому балансуванні через обмежену керованість. Це вимагає додаткових резервів у традиційних установках або використання систем зберігання енергії, як-от батарей, що можуть миттєво реагувати на коливання. Тому для здійснення балансування пропонується використання установок зберігання енергії.

Системи зберігання енергії, зокрема батарейні, дедалі частіше застосовуються для балансування частоти в електромережах, Основне завдання балансування – підтримувати стабільну частоту і запобігати подальшим порушенням у роботі системи. Один із перспективних методів для балансування частоти – це використання установок зберігання енергії, таких як батареї.



Рисунок 1 – Установка зберігання енергії УЗЕ ESS NARADA 211 кВт

Вимоги до установок зберігання енергії що використовуються для балансування мережі – це швидка реакція на зміну частоти: Системи зберігання енергії можуть миттєво реагувати на відхилення частоти, віддаючи або споживаючи енергію, залежно від потреби. Наприклад, якщо частота падає, система зберігання може вивільнити енергію для її стабілізації.

Контроль генерації і навантаження: Енергоустановки можна налаштувати для швидкого поглинання енергії, коли частота зростає, або для віддачі енергії, коли частота падає. Цей процес підтримує баланс між генерацією та навантаженням, що допомагає зберегти стабільність системи.

Переваги використання систем зберігання енергії для балансування частоти:

- Установки зберігання енергії можуть набагато швидше реагувати на відхилення частоти, ніж традиційні генератори.
- Вони знижують ризик виникнення великих частотних відхилень та забезпечують безперебійне електропостачання.
- Використання накопичувачів енергії зменшує навантаження на традиційні генератори, знижуючи знос обладнання.

Недоліки:

- Сучасні технології накопичення енергії досить дорогі, що обмежує їх широке впровадження.
- Батареї мають обмежену кількість циклів заряду-розряду, що з часом може потребувати їх заміни.

Використання установок зберігання енергії для балансування частоти стає все більш актуальним, оскільки це дозволяє ефективніше керувати енергетичними системами та забезпечувати стабільність частоти навіть у разі значних коливань навантаження, особливо в умовах високої частки

відновлюваних джерел. Таке балансування потребує швидкої реакції на коливання частоти, що виникають через дисбаланс між генерацією та споживанням. Завдяки високій швидкості реакції батарей можуть миттєво стабілізувати частоту мережі при виникненні раптових змін, як-от аварійні відключення генераторів або стрибки в споживанні.

Також для успішного здійснення балансування енергосистеми пропонується використання газотурбінні та газопоршневі установки.



Рисунок 2 – Газотурбінна установка



Рисунок 3 – Газопоршнева установка

Для забезпечення стабільної роботи Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України та підтримання необхідної якості електроенергії частка маневрової потужності генерації повинна складати 20-30% від загальної потужності системи. Це важливо для реагування на зміни навантаження і підтримання частоти в умовах змінного попиту та інтеграції відновлюваних джерел енергії, що мають непостійний характер генерації.

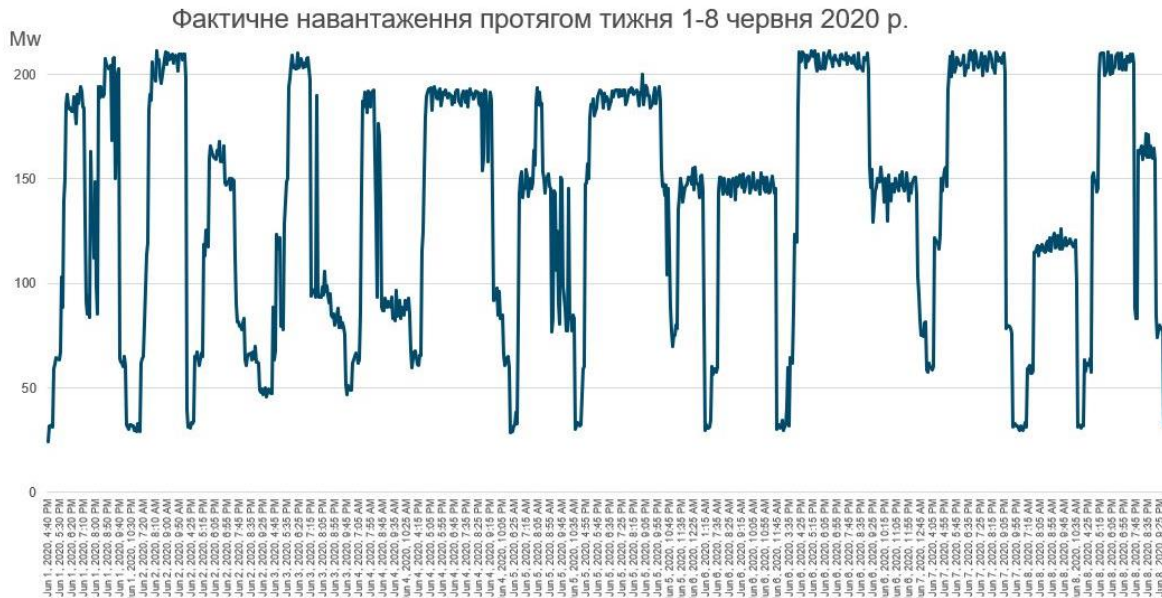


Рисунок 4 – Приклад графіку навантажень газопоршневої станції 220 МВт протягом тижня

На даному рисунку зображено графік навантаження газопоршневої установки, що показує маневреність даної установки яка зображена в кількості пусків і зупинок даної установки.

Сучасні електростанції на базі газових турбін є високоманевреними для мереж які потребують потужності від 1 до 20 МВт (ГПА) і від 1 до 100 і більше МВт (ГТУ). Такі електростанції досягають номінальної потужності за 15-20 хвилин, а їхній електричний ККД становить 35-40%.

До переваг також належать низький рівень шкідливих викидів, відносно невисокі питомі капітальні витрати, невелика маса і габарити, що полегшує транспортування і зменшує площу станції. Такі установки не потребують капітальних споруд, прості в обслуговуванні, мають мінімальні вимоги до інфраструктури і швидко монтуються завдяки високій заводській готовності. Газотурбінна електростанція (ГТЕС) може постачати значну кількість теплової енергії з коефіцієнтом 1:2 щодо електричної потужності. Для задоволення різних потреб ГТУ додатково обладнують паровими або водогрійними котлами, що дозволяє виробляти пару різного тиску для промислових процесів або гарячу воду для опалення. Газотурбінні двигуни (ГТД) можуть працювати на різних видах палива, включаючи природний газ, дизельне паливо та біопаливо. Вони також можуть функціонувати на двох видах палива одночасно, з

можливістю автоматичного переходу між ними під час будь-якого режиму роботи, що додає гнучкості у їх використанні.

Сучасні газопоршневі установки здатні набирати повне навантаження за 2 хвилини, і з такою ж швидкістю вони здатні зупинитись. При чому кількість пусків і вимкнень за день не є обмеженою. Дані установки мають 45-52% ККД при їх повному навантаженні.

Газопоршневі двигуни можуть працювати в діапазоні 0-100% потужності, не маючи обмежень мінімального навантаження. Завдяки каскадному підключенню агрегатів вони підтримують високий ККД на будь-якому рівні навантаження. Наприклад, станція з 10 агрегатами по 10 МВт забезпечує ефективність у діапазоні від 10 до 100 МВт, а її повний діапазон стійкого навантаження — 99%.

Газові турбіни мають екологічне обмеження мінімальної потужності на рівні 50%, іноді до 40%. Це зумовлює вибір турбін потужністю 50 МВт і вище, з урахуванням планового техобслуговування. У разі газопоршневих двигунів доступна потужність завжди буде не меншою за 90%.

Висновки. Аналіз стану енергетики України показує, що модернізація є нагальною потребою, зокрема через необхідність змін у структурі генерації. Оновлення енергосистеми має враховувати поточну структуру енергетики, економічні умови, фінансові можливості та стратегічні напрями розвитку. Метою модернізації є створення гнучкої та незалежної енергетичної системи, здатної забезпечити внутрішні потреби у виробництві енергії та компенсувати зовнішні впливи для підвищення надійності енергопостачання.

Здійснювати значні капіталовкладення в традиційні джерела енергії і відбудовувати повністю централізовану систему не є доцільним, через можливість повторних ракетних атак. Бажано звернути увагу на розподілену генерацію та використання установок малої потужності для балансування мережі .

Перелік посилань

1. Кодекс систем передачі – https://ua.energy/wp-content/uploads/2024/06/KSP_1036_vid_28.05.2024.pdf
2. Про ринок електричної енергії – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
3. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О.В. Кириленко, І.В. Трач // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2009. – Вип 24. – С. 3-6.