

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ АКУМУЛЯЦІЇ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

Федорчук С. О., Неміровський І. А., Івахнов А. В.

Національний Технічний Університет "Харківський Політехнічний Інститут"

Запропоновано аналіз режимів роботи електричних станцій на відновлювальних джерелах енергії з метою вибору ємності для систем акумуляції, а також алгоритм управління розподіленою системою акумулявання.

Постановка проблеми. Стрімке зростання встановлених потужностей відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в Україні та світі призвело до необхідності розробки засобу їх оптимальної інтеграції до існуючих електричних мереж, а також розробки нових типів мереж. Таке стрімке зростання обумовлено екологічним та ресурсним аспектами такої генерації. Питання інтеграції дуже гостро стоїть перед Україною так як ми плануємо збільшити долю вироблення енергії з застосуванням ВДЕ до 20% станом на 2035 рік, що відображено в Проєкті енергетичної стратегії до 2035 року [1]. Однією з основних проблем, що викликані стрімким зростанням частки електростанцій на ВДЕ в енергосистемі, є залежність їх генерації від погодних умов, а отже і складність в прогнозуванні їх генерації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізувати долучення ВДЕ до енергосистеми можливо за допомогою:

- архітектурних рішень у мережі, як наприклад використання концепції віртуальних електричних станцій[2];
- використовуючи попереднє моделювання перед вибором розташування майбутньої станції та її потужності;
- за допомогою використання високоманеврових електричних станцій або систем акумуляції (СА) [3];

Мега статті. Пропонується метод оптимального, за критерієм мінімізації вартості енергії, використання акумуляції для встановлення відповідності між середньостроковою прогнозою та реальною генерацією від електричних станцій на відновлювальних джерелах енергії (ВДЕ). Також пропонується варіант алгоритму для одночасного управління декількома СА, що базується на задіянні джерел енергії для балансування у порядку зростання їх вартості.

Основні матеріали дослідження. В рамках дослідження можливості виводу генерації від ВДЕ на рівень відповідності реальної та прогнозованої потужності було створено модель СЕС з 4000 шт. 250 Вт панелями та ВЕС зі 100 шт. 10 кВт вітряками. На основі погодних даних з лютого 2004 року по лютий 2018 було проведено моделювання роботи цих електричних станцій. В якості вхідних параметрів до моделей було обрано температуру оточуючого повітря, швидкість вітру на висоті метеорологічних досліджень 10 метрів та кількість сонячної радіації на м², що зображені на рис. 1.

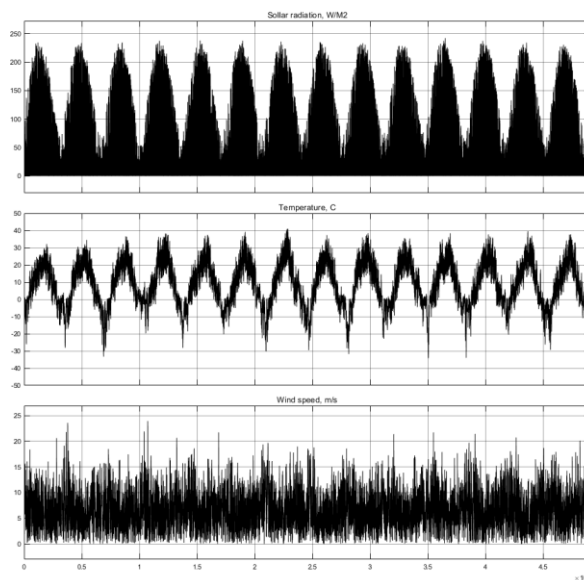


Рисунок 1 – часові ряди за чотирнадцять років вхідних даних до моделі

Ці вхідні дані були взяті з шагом у п'ятнадцять хвилин та подані до математичної моделі [4]. Ця модель дозволяє роботи довгострокові розрахунки вихідної активної потужності електричних станцій на ВДЕ. Для коректного розрахунку сонячна радіація була перерахована з даних для горизонтальних панелей на дані для оптимального куту нахилу у разі стаціонарної установки панелей 69°. також була перерахована швидкість вітру у відповідності до реальної висоти вітряків 25 метрів згідно формулі:

$$V_1 = V_0 \cdot \left(\frac{H_1}{H_0} \right)^k, \quad (1)$$

- де V_1 – швидкість вітру на заданій висоті;
- V_0 – швидкість вітру на висоті метеорологічних досліджень;
- H_1 – задана висота;
- H_0 – висота метеорологічних досліджень;
- k – поправочний коефіцієнт, що відповідає емпіричному показнику шорсткості для обраного регіону;

З причини складності розташування вітряків у міській межі в якості поправочного коефіцієнту пропонується використати відповідний для сільськогосподарських земель з групами будівель з класом шорсткості 2,5, що становить 0,335.

На основі результатів моделювання було отримано графіки генерації груп СЕС та ВЕС окремо, а також сукупно, що у подальшому було використано при розрахунку конфігурації системи акумулювання. Отримані результати відображені на рис. 2.

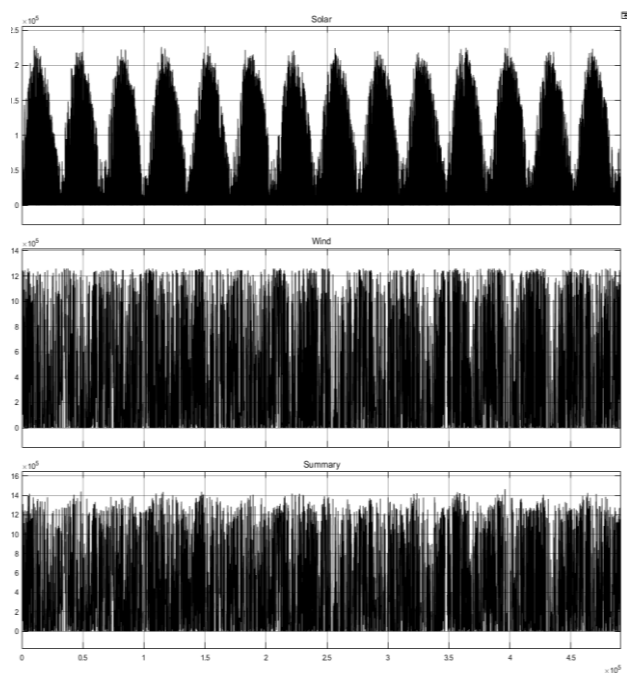


Рисунок 2 – графіки генерації (кВт) для СЕС, ВЕС та сукупно

Результати моделювання, пов'язані з відхиленням 15 хвилинних значень кожного року від середньорозрахованого, занесено у табл. 1.

Таблиця 1 – Аналіз відхилення генерації однієї фотоелектричної панелі потужністю 250 Вт від середнього прогнозованого

Параметр	Надлишкова потужність	Недостатня потужність
Максимальне значення, Вт	106,55	172,39
Максимальне значення, %	42	68,95
Середнє значення, Вт	15,76	21,03
Середнє значення, %	6,3	8,41
Кількість відхилень, %	74,72	25,27
Макс тривалість, годин	16	16

Результати дослідження по вітрогенераторам відображені у табл. 2.

Таблиця 2 – Аналіз відхилення генерації вітрогенератору номінальною потужністю 10 кВт від середнього прогнозованого

Параметр	Надлишкова потужність	Недостатня потужність
Максимальне значення, Вт	11072,46	4796,10
Максимальне значення, %	110	47,96
Середнє значення, Вт	4099,47	949,32
Середнє значення, %	40,99	9,49
Кількість відхилень, %	25,75	74,24
Макс тривалість, годин	181,25	411,75

На основі отриманих даних, а також з урахуванням похибки середньострокових відхилень у 20%[5] було розраховано оптимальну ємність СА для наступних умов:

- Мінімальна ємність до якої можлива розрядка 20%;
- вихід на стан заряду 60%, що дозволить компенсувати відхилення в обидві можливі сторони, на початок кожного дня;
- СА повинна повністю компенсувати виникаючі небаланси;

Якщо розглядати генерацію від обох електричних станцій окремо, можливо знайти максимально можливу по кількості енергії та потужності для кожного з них. Таке дослідження показує, що для ФЕС таке відхилення складає 190 кВт та 1,731 МВт-год, а для ВЕС 251 кВт та 6,018 МВт-год. У випадку сукупної компенсації необхідна потужність трансформуючого та транспортуючого обладнання складе 420 кВт, а обсяг енергії для компенсації 6,625 МВт-год. Як можливо побачити, при майже незмінній потужності, сукупне балансування дозволяє зменшити необхідну ємність майже на 1,124 МВт-год. У відповідності до наданих вимог, з урахуванням повного розряду або заряду на 40% від загальної ємності, оптимальною сумарною ємністю для вирішення задачі буде 16,5625 МВт-год.

Так як серед електричних станцій на ВДЕ значна кількість потужності виробляється розподіленою генерацією, для її балансування також можливо використовувати розподілену систему накопичувачів енергії. Таке рішення потребує відповідної системи управління. Для вирішення цієї задачі пропонується реалізувати алгоритм управління системами акумуляції базуючись на розробленій формулі дійсної вартості 1 кВт-год отриманої від СА для кінцевого споживача з урахуванням можливості взаємодії з енергетичним ринком. Цей алгоритм [6] було реалізовану авторами у середовищі codesys та запущено на віртуальному контролері PLCwinnt 2.4 у поєднанні з моделлю відновлюваної генерації у Simulink, що розраховує про-

гнозну генерацію на основі погодних даних та реально з можливістю добової різниці між ними у 20%. Для перевірки роботи алгоритму було задіяно три варіанти СА, що відрізнялися лише вартістю електричної енергії від них. Кожна з них мала обмеження передаваної потужності у 250 кВт. Результат роботи алгоритму відображено на рис. 3.

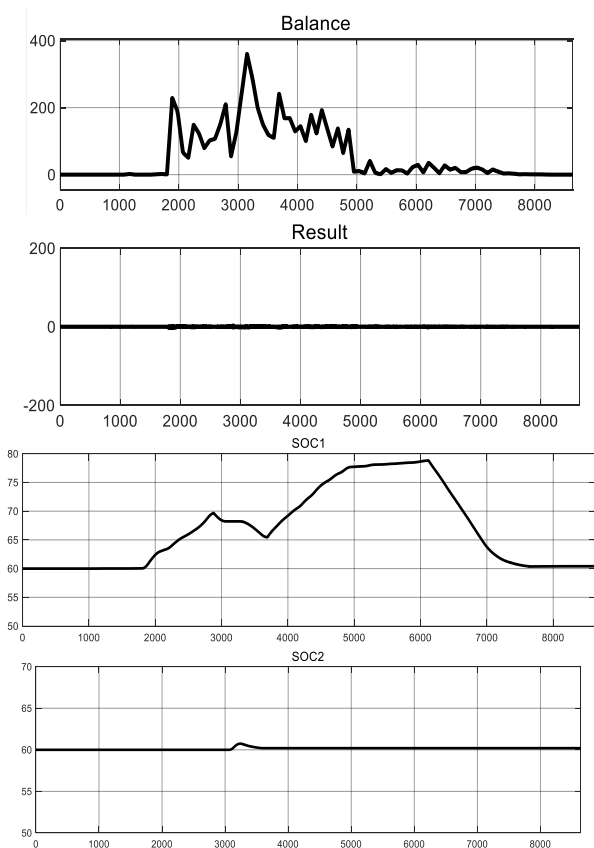


Рисунок 3 – Значення відхилення реальної генерації від прогнозу без компенсації від СА і результату балансування у кВт, значення стану заряду найдешевшої та середньої за вартістю СА у відсотках

Як видно з рис.3 при балансуванні було задіяно найдешевшу СА, а у випадку коли її потужності було недостатньо також було задіяно другу СА. Також в ході виконання програми було враховано можливість розряду СА у години пікового споживання, що дозволяє повернути стан заряду на рівень 60%. Так як потужності двох СА було достатньо для встановлення відповідності між прогнозними та реальними значеннями генерації, додаткове залучення активних споживачів не відбувалося.

Висновки. За допомогою до проектного моделювання було розраховано мінімально необхідну ємність СА для балансування СЕС та ВЕС потужністю 1 МВт кожна у обраному регіоні. Також було розроблено і апробовано алгоритм управління розподіленою акумуляцією, що здатен здійснювати контроль СА з урахуванням критерію мінімуму вартості електричної енергії. У поєднанні це може дозволити вирішення задачі мінімізації небалансів від ВДЕ для енергосистеми.

Список використаних джерел

1. Энергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf
2. Braun P. H. Intelligent Energy Management System for Virtual Power Plants : дис. канд. техн. наук / Braun Philipp Hubert Johannes – AALBORG UNIVERSITY, 2015. – 181 с.
3. Федорчук С. О. Використання акумуляції енергії для оптимізації роботи відновлювальних джерел енергії / С. О. Федорчук // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – 2017. – №31 (1253). – С. 59 – 62.
4. Федорчук С. О. Моделювання гібридної системи генерації на відновлювальних джерелах енергії для аналізу енергопостачання споживачів / С. О. Федорчук, І. А. Немировський // Вісник ХНТУ-СГ ім. Петра Василенка. – 2017. – Випуск 187. – С. 48-50.
5. Report on Forecasting, Concept of Renewable Energy Management Centres and Grid Balancing [Електронний ресурс] // GIZ. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/draft-report-fscb-remcs.pdf>.
6. Алгоритм управління розподіленими СА [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.slideshare.net/secret/itJ7VhfiQF1oVq>.

Аннотация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АККУМУЛЯЦИИ ДЛЯ БАЛАНСИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Федорчук С. О., Немировський І. А.,
Ивахнов А. В.

Предложен анализ режимов работы электрических станций на возобновляемых источниках энергии с целью выбора ёмкости систем аккумуляции, а также алгоритм управления распределенной системой аккумуляции.

Abstract

USE OF BATTERY SYSTEMS FOR BALANCING ELECTRICAL STATIONS ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

S. Fedorchuk, I. Nemirovsky, A. Ivakhnov

The analysis of operating modes of electric power stations on renewable energy sources is proposed for the purpose of selecting capacities for accumulation systems, as well as the algorithm of control of the distributed accumulation system.