

ЛОКАЛЬНІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі показана можливість формування локальних електроенергетичних систем (ЛЕС) на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) як балансуєчих групи в електроенергетичній системі (ЕЕС), які можуть зберігати працездатність і забезпечити електропостачання споживачів в автономному режимі.

Джерелами електроенергії в ЛЕС є малі гідроелектростанції (МГЕС), фотоелектричні та вітрові електростанції (ФЕС, ВЕС), вироблення якими електроенергії є нестабільним через залежність від природних умов. Тому в структурі ЛЕС з ВДЕ передбачена система накопичення енергії, запаси якої достатні для компенсації нестабільності генерування та балансування режиму. В ЛЕС задіяні, як резерв, існуючі в ЕЕС маневрені потужності, електрохімічні накопичувачі, водневі технології та біогазові установки.

Ключові слова: локальна електроенергетична система, автономний режим, відновлювані джерела енергії, нестабільність генерування.

Abstract

The paper shows the possibility of forming local electric power systems (LES) based on renewable energy sources (RES) as balancing groups in the electric power system (EES), which can maintain operational efficiency and provide power supply to consumers in an autonomous mode.

The sources of electricity in the LES are small hydroelectric power plants (MHEP), photovoltaic and wind power plants (FES, VES), the production of which is unstable due to dependence on natural conditions. Therefore, the structure of a RES-based LES provides an energy storage system, the reserves of which are sufficient to compensate for the instability of generation and balancing of the regime. In the LES, existing maneuvering power, electrochemical storage, hydrogen technologies and biogas plants are used as a reserve.

Keywords: local electric power system, autonomous mode, renewable energy sources, generation instability.

Оскільки генерування електроенергії ВДЕ залежить від погодних умов, то для того, щоб узгодити їх роботу з технологічними вимогами ЕЕС, необхідно мати відповідний резерв потужності [1–4], який міг би компенсувати природну нестабільність генерування ВДЕ.

В ЕЕС через дефіцит маневреної потужності використовують різні способи і засоби накопичення електроенергії. Тому, природно, що в першу чергу йдеться про накопичення електроенергії, виробленої ВДЕ.

В ЕЕС ускладнилось підтримування балансу потужності та електроенергії, коли в ній суттєво виросла частка відновлюваних джерел енергії. Зокрема з розбудовою фотоелектричних і вітрових електростанцій, які через свою природну залежність від погодних умов не є гарантованим постачальником електроенергії. Констатуєючи той факт, що наявність в електричних мережах відновлюваних джерел енергії ускладнює балансування режиму в ЕЕС, пропонується формувати ЛЕС на основі ВДЕ таким чином, щоб вони були балансуєчими групами в складі ЕЕС

В роботі наведено склад ЛЕС, яка може бути окремою балансуєчою групою в складі електроенергетичної системи (ЕЕС). За певних умов, під час втрати зв'язків з ЕЕС, вона може функціонувати в автономному режимі.

В залежності від технічних і фінансово-економічних можливостей ЛЕС можуть формуватися по різному. Основними є два варіанти: існує інфраструктура з розвиненим електроспоживанням і навколо розбудовується система розосередженого генерування, ЛЕС проектується і будується практично з «нуля» зі споживачем електроенергії і його енергозабезпеченням.

В ЛЕС як в балансуєчій групі реалізується принцип: вся вироблена електроенергія споживається в ЛЕС, а надлишок передається в ЕЕС. Якщо в ЛЕС дефіцит електроенергії і власними зусиллями режим

не вдається збалансувати, то на умовах платної послуги недостатня кількість електроенергії поступає з ЕЕС.

Баланс електроенергії в ЛЕС, як в балансуєчій групі, записується:

$$\pm P_{EES}(t) + P_{ФЕС}(t) + P_{ВЕС}(t) + P_{МГЕС}(t) + P_{БГУ}(t) \pm P_{\theta}(t) \pm P_x(t) - P_{cn}(t) - \Delta P(t) = 0 \quad (1)$$

де $P_{EES}(t)$ – потужність ЕЕС; $P_{ФЕС}(t)$ – потужність ФЕС; $P_{ВЕС}(t)$ – потужність ВЕС; $P_{МГЕС}(t)$ – потужність малих гідроелектростанцій; $P_{БГУ}(t)$ – електрична потужність когенераційних установок; $P_{\theta}(t)$ – потужність водневих установок; $P_x(t)$ – потужність електрохімічних накопичувачів; $P_{cn}(t)$ – потужність споживачів електроенергії, в тому числі «активних»; $\Delta P(t)$ – технологічні витрати в електричних мережах.

Не дивлячись на те, що генерування ФЕС і ВЕС можна прогнозувати з врахуванням внутрішньодобового корегування досить точно, проте за фактом вироблення ними електроенергії вони є нестабільними, тому в ЛЕС необхідний резерв потужності.

Завдяки розбудові відновлюваних джерел в електроенергетичних системах, зокрема в розподільних електричних мережах, появилася можливість створювати системи електропостачання споживачів на основі ВДЕ. Поза тим, що це забезпечує певні переваги щодо енергоефективності електропостачання, є можливість формування локальних електроенергетичних систем на основі ВДЕ як балансуєчих групи в електроенергетичній системі. Проте через те, що генерування фотоелектричних і вітрових електростанцій залежить від погодних умов, то вони не можуть бути гарантованим постачальником електроенергії без додаткових засобів. Такими можуть бути системи, які запасують (накопичують) електроенергію, коли в ЛЕС генерується надлишок електроенергії для власних споживачів, і які повертають електроенергію в ЛЕС, коли в ній спостерігається дефіцит. За таких умов ЛЕС можуть зберігати працездатність і забезпечити електропостачання споживачів в автономному режимі.

В структурі ЛЕС з ВДЕ передбачається система накопичення енергії, запаси якої достатні для компенсації нестабільності генерування та балансування режиму. В ЛЕС можуть бути задіяні в якості резерву існуючі в ЕЕС маневрені потужності, електрохімічні накопичувачі, водневі технології та біогазові установки. Можливо використовувати також спосіб узгодження в ЛЕС графіків генерування і споживання електроенергії за рахунок активних споживачів. Який зі способів та засобів резервування ВДЕ в ЛЕС доцільно вибрати можуть показати тільки оптимізаційні розрахунки. Оскільки інформація про них, як правило, неповна або відсутня, то застосовується метод оптимізації, який дозволяє віддати перевагу тому або іншому, порівнявши їх між собою і оцінивши у відносних одиницях. Такою оцінкою можуть бути відносні прирости витрат на способи резервування до їх потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Basok V.I., Butkevich O.F., Dubovsky S.V. Technical and economic aspects of evaluating prospects decarbonization of the unified energy system of Ukraine. Technical electro-dynamics. 2021, 5, 55–62. <https://doi.org/10.15407/technd2021.05.055>
2. О.С. Яндульський, А.Б. Нестерко, Г.О. Труніна. Визначення величини резерву активної потужності ТЕС та ГЕС для регулювання частоти та перетоків в ОЕС України // Технічна електродинаміка. 2020, 1, 58–63. DOI: <https://doi.org/10.15407/technd2020.01.058>
3. Kudrya S. O., Repkin O. O., Rubanenko O. O., Yatsenko L. V., Shynkarenko L. Ya. Development stages of green hydrogen energy of Ukraine. Renewable Energy. 2022, 1, 5–16. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1\(68\)840](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2022.1(68)840)
4. Kan Z. et al., Research on Grid-Connected/Islanded Control Strategy of PV and Battery Storage Systems as Emergency Power Supply of Pumping Storage Power Station, 2020 IEEE 3rd International Conference on Electronics Technology (ICET), Chengdu, China, 2020, 457-462. doi: 10.1109/ICET49382.2020.9119658.

Лиса Тетяна Олегівна – аспірант, асистент кафедри електричних станцій та систем факультету енергетики електромеханіки та електротехніки, Вінницький національно технічний університет, Вінниця e-mail: tanyastyskal@ukr.net

Лежнюк Петро Дем'янович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри електричних станцій та систем, e-mail: lezhp@gmail.com ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0338-2131>

Lysa Tetyana Olehivna - graduate student, assistant at the Department of Power Plants and Systems, Faculty of Energy, Electromechanics and Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: tanyastyskal@ukr.net

Lezhniuk Petro D. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Power Plants and Systems, e-mail: lezhp@gmail.com ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0338-2131>