

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ НЕБАЛАНСІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАЛАНСУЮЧОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*У роботі розглянуто технічні засоби зменшення небалансів електричної енергії в умовах функціонування балансуючого ринку України. Показано, що ефективність цього сегмента ринку залежить не лише від цінних сигналів і правил врегулювання небалансів, а й від наявності достатньої технічної гнучкості в електроенергетичній системі. Проаналізовано роль маневрової генерації, гідроакumuлюючих електростанцій, систем накопичення енергії, керованого попиту та прогнозування генерації ВДЕ. Наголошено на необхідності розмежування функцій балансуючого ринку та ринку допоміжних послуг.*

**Ключові слова:** балансуючий ринок, небаланси електричної енергії, балансуюча електроенергія, маневрова генерація, системи накопичення енергії, керований попит, ВДЕ.

### Abstract

*The paper considers technical means of reducing electricity imbalances under the operation of the Ukrainian balancing market. It is shown that the efficiency of this market segment depends not only on price signals and imbalance settlement rules, but also on the availability of sufficient technical flexibility in the power system. The role of flexible generation, pumped-storage power plants, energy storage systems, demand response, and renewable generation forecasting is analyzed. The need to distinguish between the functions of the balancing market and the ancillary services market is emphasized.*

**Keywords:** balancing market, electricity imbalances, balancing energy, flexible generation, energy storage systems, demand response, renewable energy sources.

Функціонування електроенергетичної системи потребує постійного узгодження фактичного виробництва та споживання електричної енергії. У ринкових умовах відхилення фактичних графіків від заявлених формують небаланси, які мають бути врегульовані відповідно до правил роботи ринку. В Україні порядок функціонування балансуючого ринку, участі постачальників послуг балансування та врегулювання небалансів визначається Правилами ринку [1].

Балансуючий ринок не слід ототожнювати з усіма процесами регулювання режиму енергосистеми. Його основна функція полягає у купівлі та продажу електричної енергії для балансування обсягів попиту й пропозиції в реальному або близькому до реального часу [2]. Натомість регулювання частоти та підтримання активної потужності належать переважно до сфери допоміжних послуг, де закуповуються резерви, необхідні для надійної роботи ОЕС України [3]. Тому в межах даної роботи балансування розглядається саме як техніко-економічне врегулювання небалансів електричної енергії, а не як повний комплекс частотного регулювання.

Практична ефективність балансуючого ринку визначається не лише нормативною моделлю, а й технічною спроможністю учасників швидко змінювати обсяг виробництва або споживання. Якщо в енергосистемі недостатньо гнучких ресурсів, то ціна небалансів зростає, збільшується потреба у вимушених диспетчерських командах, а ризики для надійності режиму посилюються. Саме тому розвиток технічних засобів гнучкості є необхідною умовою ефективного функціонування балансуючого ринку.

До основних технічних засобів зменшення небалансів належать маневрові енергоблоки, гідроелектростанції та гідроакumuлюючі електростанції, швидкодіючі газотурбінні й газопоршневі установки, системи накопичення електричної енергії, керований попит, а також засоби прогнозування генерації ВДЕ та споживання. Кожен із цих ресурсів має різну швидкодію, тривалість роботи, вартість залучення та технічні обмеження. Тому найбільш ефективним є їх комплексне використання.

Маневрова генерація залишається базовим інструментом компенсації відхилень графіків. ГЕС і ГАЕС мають важливе значення завдяки здатності швидко змінювати потужність і покривати пікові ділянки графіка навантаження. Водночас їх можливості залежать від гідрологічних умов, режиму водосховищ і технічного стану обладнання. Теплова генерація також може брати участь у балансуванні, однак для багатьох блоків характерними є обмеження за мінімальним навантаженням, швидкістю зміни потужності та економічністю роботи в маневрових режимах.

Перспективним напрямом є застосування систем накопичення електричної енергії. Вони можуть зменшувати небаланси шляхом заряджання в періоди надлишкової генерації та розряджання в періоди дефіциту. Особливо важливою є їх роль у системах з високою часткою сонячної та вітрової генерації, оскільки виробіток ВДЕ залежить від погодних умов і має значну прогнозу похибку. У європейській практиці розвиток балансуючих ринків пов'язується з уніфікацією продуктів балансуючої енергії, цифровізацією обміну даними та залученням нових типів гнучких ресурсів [4].

Керований попит є ще одним важливим ресурсом зменшення небалансів. Його суть полягає в добровільній зміні графіка споживання відповідно до потреб системи або ринкових сигналів. Для України цей напрям є особливо актуальним для промислових підприємств, комунальної інфраструктури, електротранспорту, систем водопостачання, холодильних установок і локальних енергетичних кластерів. За умови розвитку агрегаторів керований попит може стати повноцінним учасником ринку поряд із генеруючими установками.

Окрему увагу необхідно приділяти прогнозуванню. Значна частина небалансів виникає не через відсутність генеруючих потужностей, а через неточність прогнозу споживання, сонячної та вітрової генерації. Тому цифрові системи прогнозування, автоматизоване планування режимів і короткострокова аналітика мають розглядатися як технічний інструмент зменшення небалансів. У поєднанні з накопичувачами та керованим попитом це дозволяє зменшити обсяги купівлі балансуючої електроенергії та підвищити передбачуваність роботи учасників ринку.

У сучасних умовах для України доцільним є поєднання централізованого та локального підходів до балансування. На рівні ОЕС України мають використовуватися великі маневрові потужності, ГАЕС і ресурси, сертифіковані для участі в ринках. На локальному рівні важливими є накопичувачі, розосереджена генерація, керований попит і мікромережі, які можуть зменшувати навантаження на магістральну мережу та підвищувати стійкість електропостачання критичних споживачів. Аналітичні матеріали IEA підтверджують, що акумуляторні системи стають одним із ключових ресурсів гнучкості в енергосистемах з високою часткою ВДЕ [5].

### Висновки

Ефективність балансуючого ринку України значною мірою залежить від наявності технічних засобів, здатних зменшувати небаланси електричної енергії. Найбільш перспективними є маневрова генерація, ГАЕС, системи накопичення енергії, керований попит, агреговані ресурси та цифрові системи прогнозування. При цьому балансуючий ринок доцільно чітко відмежовувати від ринку допоміжних послуг: перший забезпечує врегулювання небалансів і торгівлю балансуючою електроенергією, другий — готовність ресурсів підтримувати системні параметри, зокрема частоту та активну потужність. Подальший розвиток технічної гнучкості є необхідною умовою підвищення надійності ОЕС України, інтеграції ВДЕ та модернізації енергетичної інфраструктури.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Правил ринку : постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 307. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18>.
2. Балансуючий ринок та ринок допоміжних послуг. НЕК «Укренерго». URL: [https://ua.energy/uchasnikam\\_rinku/balansuyuchy-rynok-ta-rynok-dopomizhnyh-poslug/](https://ua.energy/uchasnikam_rinku/balansuyuchy-rynok-ta-rynok-dopomizhnyh-poslug/).
3. Про погодження змін до Тимчасового порядку придбання допоміжної послуги для забезпечення регулювання частоти та активної потужності в ОЕС України : постанова НКРЕКП від 16.11.2022. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-pogodzheniya-zmin-do-timchasovogo-poryadku-privbannya-dopomizhnoi-poslugi-dlya-zabezpechennya-regulyvannya-chastoti-ta-aktivnoi-potuzhnosti-v-oes-ukrayini-same-zabezpechennya-rezervi-6>.
4. ENTSO-E Balancing Report 2024. European Network of Transmission System Operators for Electricity, 2024. URL: [https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/nc-tasks/240628\\_ENTSO-E\\_Balancing\\_Report\\_2024.pdf](https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/nc-tasks/240628_ENTSO-E_Balancing_Report_2024.pdf).
5. Batteries and Secure Energy Transitions. International Energy Agency, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions>.

**Кузаков Володимир Володимирович** — студент групи 2ЕС-226 факультету електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Вишневський Святослав Янович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. . e-mail: svyato.vish.ua@gmail.com

**Kuzakov Volodymyr V.** — student, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Sviatoslav Ya. Vyshnevskiy** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electric Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. . e-mail: svyato.vish.ua@gmail.com