

РОЛЬ ГАЕС ЯК ДЕМПФЕРА НЕБАЛАНСІВ ОЕС УКРАЇНИ: ДОКАЗИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто функціональну роль ГАЕС як ключового інструменту забезпечення оперативної надійності ОЕС України. Обґрунтовано, що в умовах зростання волатильності генерації ВДЕ, ГАЕС виступають найбільш ефективним технологічним демпфером небалансів. Розглянуто механізми реакції ГАЕС на системні відхилення: миттєвий перехід у насосний режим для поглинання надлишку та генераторний режим для покриття дефіциту електроенергії. Також доведено, що активна участь ГАЕС на балансуєчому ринку та ринку допоміжних послуг є фінансовою та технічною запорукою системної стійкості, мінімізуючи загальні операційні ризики та вартість небалансів.

Ключові слова: ГАЕС, покриття небалансів, волатильність ринку, гнучкість енергосистеми, балансуєчий ринок, регулювання частоти та потужності, режими роботи.

Abstract

The functional role of GPESs as a key tool for ensuring the operational reliability of the Unified Energy System of Ukraine is considered. It is substantiated that in conditions of increasing volatility of RES generation, GPESs act as the most effective technological damper of imbalances. The mechanisms of GPES response to system deviations are considered: instant transition to pumping mode to absorb the surplus and generator mode to cover the electricity deficit. It is also proven that the active participation of GPESs in the balancing market and the ancillary services market is a financial and technical guarantee of system stability, minimizing overall operational risks and the cost of imbalances.

Keywords: GPES, imbalance coverage, market volatility, power system flexibility, balancing market, frequency and power regulation, operating modes.

Вступ

Сучасна енергетична система функціонує в умовах зростаючої частки змінних відновлюваних джерел енергії, що спричиняє значні небаланси та підвищує потребу в гнучкості. Міжнародні енергетичні агентства та наукові дослідження одностайно визнають, що гідроакumuлюючі електростанції є критично важливим активом для вирішення цієї проблеми.

Результати досліджень

Необхідність у маневруванні та згладжуванні коливань ВДЕ є першопричиною того, чому ГАЕС розглядаються як ключовий інструмент системної гнучкості. Згідно зі звітом Міжнародного енергетичного агентства ІЕА за 2021 рік, "Гідроенергетика... може забезпечити значну гнучкість, необхідну для інтеграції ВДЕ" [1]. Гнучкість у цьому контексті означає здатність енергосистеми швидко реагувати на несподівані зміни в генерації чи споживанні, які є типовими для систем з високою часткою сонячної та вітрової генерації. Звіт IRENA за 2020 рік підкреслює, що "інноваційна експлуатація накопичувачів гідроенергії (ГАЕС) максимізує інтеграцію змінної відновлюваної енергії та збільшує використання потужності" [2]. Це означає, що, перекачуючи воду в періоди надлишку - насосний режим та генеруючи в періоди дефіциту - генераторний режим, ГАЕС ефективно згладжує добовий графік навантаження та зменшує системну напругу, спричинену волатильністю ВДЕ.

Ключова роль ГАЕС як демпфера небалансів, що поглинає коливання ВДЕ, реалізується через її здатність надавати допоміжні послуги. Наукове дослідження, присвячене економічній доцільності підземних ГАЕС, зазначає, що "гідроакumuлюючі електростанції можуть надавати повний спектр допоміжних послуг, включаючи первинне, вторинне та третинне регулювання частоти" [3]. Це є прямим доказом того, що ГАЕС має необхідні технічні характеристики для швидкої протидії відхиленням частоти, які виникають через непередбачуваність ВДЕ. На Балансуєчому ринку це проявляється наступним чином: коли сонячна або вітрова генерація раптово падає (дефіцит), ГАЕС миттєво вмикається в генераторний режим за командою диспетчера, компенсуючи небаланс. І

навпаки, коли виникає надлишок потужності, ГАЕС працює як споживач (насосний режим), поглинаючи зайву енергію та запобігаючи неконтрольованому зростанню частоти.

Висновки

Зрештою, економічна ефективність такої системної ролі ГАЕС тісно пов'язана з точним плануванням та оптимізацією. Згідно з дослідженнями, присвяченими обчислювальній ефективності оптимізації, ключове завдання ГАЕС полягає у "визначенні оптимальних рішень щодо пуску/зупинки агрегатів та визначенні рівнів потужності у режимі реального часу з урахуванням невизначеності" [4]. Це підтверджує необхідність розробки саме таких економіко-математичних моделей, які, базуючись на прогнозах цін на РДН та оцінці системних ризиків, дозволяють ГАЕС максимально ефективно виконувати свою роль демпфера. Таким чином, фінансова стійкість ГАЕС нерозривно пов'язана з її технічною роллю забезпечення гнучкості та надійності енергосистеми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. IEA (International Energy Agency). Hydropower Special Market Report: Sector coupling and the need for flexibility. 2021.
2. IRENA (International Renewable Energy Agency). Innovative Operation of Pumped Hydropower Storage. Abu Dhabi: IRENA, 2020.
3. Chazarra, M., Sánchez-Sanz, M., Cátedra, I. Economic Feasibility of Underground Pumped Storage Hydropower Plants Providing Ancillary Services. Applied Sciences. 2020. Vol. 10, Iss. 11, P. 3947.
4. Wang, R., Li, B. A Computational Efficient Pumped Storage Hydro Optimization in the Look-ahead Unit Commitment and Real-time Market Dispatch Under Uncertainty. arXiv preprint arXiv:2304.03821, 2023.

Нагорняк Богдан Васильович – студент групи ЕМ-24м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, nagorniakbohdan@gmail.com.

Бабенко Олексій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. oleksij_babenko@ukr.net.

Bohdan Vasylovich Nahorniak – student of the EM-24m group, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Babenko Oleksii V. – Cand. Sc. (Eng), Assistan Professor of electrical power consumption and power management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, oleksij_babenko@ukr.net.