УДК 621.311.24

ВПЛИВ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Тоберт О.Ю.[1], аспірант, e-mail: tobert.sasha@gmail.com
Qihan Zhang[2], Yiao Meng[2],
Мірошник О.О.[1], д.т.н., проф., e-mail: omiroshnyk@btu.kharkiv.ua
Мороз О.М.[1], д.т.н., проф., e-mail: moroz.an@btu.kharkiv.ua
Пазій В.Г.[1], ст. викл., e-mail: pazziy@btu.kharkiv.ua
Миргород Д.Г.[1], аспірант, e-mail: 19mirgoroddenis92@gmail.com
Галько С. В.[3], к.т.н., доц., e-mail: galkosv@gmail.com
Mohamed Qawaqzeh[4], к.т.н., доц, e-mail: qawaqzeh@bau.edu.jo
Державний біотехнологічний університет[1],
Silesian College of Intelligent Science and Engineering at Yanshan University Yanshan University[2],
Qinhuangdao, P. R. China
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного[3],
Al Balqa Applied University[4]

Актуальність дослідження впливу розосереджених джерел енергії на стабільність та надійність енергосистем визначається кількома ключовими факторами, що відображають сучасні виклики та тенденції в енергетиці, такі як глобальний перехід до відновлюваних джерел енергії, енергетична безпека та децентралізація, стабільність енергосистем, зростання попиту на електроенергію.

Метою дослідження є аналіз впливу розосереджених джерел енергії на стабільність та надійність енергосистем, визначення основних викликів їхньої інтеграції та розробка шляхів підвищення ефективності і стійкості енергомереж шляхом впровадження сучасних технологій і механізмів регулювання.

Основні матеріали досліджень. Розосереджені джерела енергії (РДЕ), такі як сонячні, вітрові, малі гідроелектростанції та біоенергетичні установки, стають дедалі популярнішими в глобальній енергетичній політиці. Вони мають низку переваг, включаючи зниження викидів вуглецю, доступність у віддалених регіонах і сприяння енергетичній незалежності країни. Світова спільнота активно рухається до зменшення залежності від викопних видів палива та підвищення частки відновлюваних джерел енергії. Згідно з Паризькою кліматичною угодою та іншими міжнародними зобов'язаннями, багато країн запроваджують стратегії декарбонізації економіки [1]. Це призводить до активного впровадження РДЕ, таких як сонячна та вітрова енергетика. Водночас збільшення частки таких джерел в енергобалансі потребує вирішення питань стабільності та надійності енергосистем, особливо з огляду на їхню нестабільну природу.

Розосереджені джерела енергії відіграють важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки країн, особливо в контексті зменшення залежності від імпортних енергоносіїв [2]. Децентралізація виробництва електроенергії, зокрема завдяки РДЕ, дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з центральними системами енергопостачання, та підвищити стійкість до зовнішніх загроз, таких як природні катаклізми або конфлікти. Це особливо важливо для віддалених або ізольованих регіонів, де підключення до централізованих систем є складним або економічно недоцільним. РДЕ можуть забезпечити резервне живлення у випадках аварій на магістральних лініях електропередачі, що підвищує стійкість енергосистеми до зовнішніх загроз, таких як природні катаклізми чи техногенні аварії.

Інтеграція великої кількості РДЕ у традиційні енергосистеми породжує нові технічні виклики, оскільки такі джерела відрізняються нестабільністю виробництва енергії. Наприклад, недостатня кількість потужностей для акумуляції енергії або відсутність гнучких резервних джерел може призвести до перебоїв у постачанні електроенергії. Крім того, неефективна координація між різними видами генерацій (традиційними та РДЕ) може ускладнити

управління енергосистемою та зменшити її надійність. Сонячна та вітрова енергія залежать від погодних умов, що ускладнює прогнозування та регулювання електропостачання. Важливість дослідження полягає в пошуку шляхів ефективної інтеграції РДЕ з метою забезпечення стабільної роботи енергосистеми, зокрема через впровадження систем накопичення енергії, резервних потужностей та інтелектуальних мереж.

Зростання споживання електроенергії в умовах цифровізації, електрифікації транспорту та промисловості підвищує потребу в гнучких та надійних енергосистемах. Розосереджені джерела енергії можуть не лише задовольняти цей попит, але й сприяти розвитку нових бізнес-моделей, зокрема через децентралізовані рішення на рівні домогосподарств і малих підприємств. Сучасні дослідження впливу РДЕ на енергосистеми стимулюють розробку інноваційних технологій, таких як інтелектуальні мережі (smart grids), що дозволяють автоматизувати процеси управління енергопостачанням. Інтеграція таких рішень сприяє підвищенню надійності та ефективності роботи енергосистем [3]. Однак, ці технології потребують дослідження для максимального використання їхнього потенціалу в умовах швидкозмінних і розосереджених джерел енергії.

Інтелектуальні мережі являють собою технологічний комплекс, який використовує цифрові технології для управління виробництвом, передачею та розподілом електроенергії в режимі реального часу. Основною метою впровадження smart grids є забезпечення гнучкості енергосистеми, покращення її адаптивності до змін в енергобалансі та підвищення загальної надійності постачання електроенергії. В умовах широкої інтеграції РДЕ ці мережі стають критично важливими для забезпечення стабільної роботи енергосистем.

Одним із ключових аспектів інтелектуальних мереж є здатність до інтеграції децентралізованих джерел енергії з мінімальним впливом на стабільність мережі. Використання розподілених обчислювальних потужностей та сенсорів дозволяє автоматично коригувати потоки енергії в залежності від змін у виробництві РДЕ. Наприклад, коли зростає продуктивність сонячних електростанцій вдень, мережа може перерозподіляти потоки енергії, забезпечуючи оптимальне використання виробленої електрики. Крім того, smart grids дозволяють зменшувати навантаження на центральні мережі за рахунок інтеграції локальних систем накопичення енергії, таких як акумулятори, що забезпечують резерв енергії у пікові моменти споживання.

Smart grids сприяють активній участі споживачів у регулюванні енергосистеми. Застосування інтелектуальних лічильників та систем управління дозволяє споживачам автоматично коригувати своє енергоспоживання в залежності від вартості або наявності електроенергії. Це сприяє більш ефективному використанню ресурсів і зменшенню навантаження на мережу під час пікових періодів споживання.

Висновок. Інтелектуальні мережі відіграють ключову роль у підвищенні стабільності та надійності енергосистем у сучасних умовах інтеграції розосереджених джерел енергії. Вони сприяють автоматизації процесів управління, покращенню прогнозування та ефективності використання енергії, а також активному залученню споживачів до регулювання системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A. Molderink, V. Bakker, M. G. C. Bosman, J. L. Hurink and G. J. M. Smit, “Management and Control of Domestic Smart Grid Technology,” in IEEE Transactions on Smart Grid, 2010, vol. 1, no. 2, pp. 109-119, https://doi.org/10.1109/TSG.2010.2055904.

2. Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Influence of temperature on energy performance indicators of hybrid solar panels using cylindrical cogeneration photovoltaic modules. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2021 – Conference Proceedings. 2021. P. 132-136. https://10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569975.

3. Bazaluk O., Postnikova M., Halko S., Kvitka S., Mikhailov E., Kovalov O., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V. Energy saving in electromechanical grain cleaning systems. Applied Sciences (Switzerland). 2022. Vol. 12(3). P. 1418. https://doi.org/10.3390/app12031418.