УДК 621.316

Малогулко Ю.В.
Ластівка В.Б.

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ВІТРОВОЇ, СОНЯЧНОЇ УСТАНОВОК ТА СИСТЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. *Досліджено гібридну систему електропостачання, яка складається з вітрової та сонячної електростанцій та системи накопичення енергії. Обґрунтовано, що коли частота системи знижується, то гібридна система електропостачання повинна збільшити вихідну активну потужність, тому для її збільшення використовується відновлювана енергія. Коли ж частота системи збільшується, то гібридна система електропостачання повинна зменшувати вихідну активну потужність, тоді накопичувач енергії використовується для зменшення вихідної активної потужності.*

Ключові слова: *вітрова електростанція, сонячна електростанція, система накопичення електроенергії, гібридна система електропостачання.*

Abstract. *A hybrid power supply system consisting of wind and solar power plants and an energy storage system has been studied. It has been proven that when the frequency of the system decreases, the hybrid power supply system must increase the output active power, so renewable energy is used to increase it. When the frequency of the system increases, the hybrid power supply system must reduce the output active power, then the energy storage is used to reduce the output active power.*

Keywords: *wind power plant, solar power plant, electricity storage system, hybrid power supply system.*

Вступ

Дотримання стабільного та ефективного електропостачання є однією з найважливіших проблем сучасного світу. Залежність від викопних палив, яка досі переважає у більшості країн, має серйозні негативні наслідки для довкілля та природних ресурсів. Однак розробка альтернативних джерел енергії, таких як вітрові та сонячні установки, у поєднанні з системами накопичення енергії, виявляється привабливою альтернативою.

Гібридна система електропостачання, що поєднує вітрові та сонячні установки з системами накопичення енергії, здатна забезпечувати постійне та стабільне постачання електроенергії в будь-який час доби. Вітрові установки використовують силу вітру для генерації електричної енергії, тоді як сонячні панелі перетворюють сонячне випромінювання у електричний струм. Застосування систем накопичення енергії дозволяє зберігати надлишкову енергію, вироблену в періоди пікового попиту, та використовувати її у періоди зменшеного попиту або в нічний час.

Зворотна інтеграція відновлюваних джерел енергії в електропостачання стає все більш актуальною та необхідною для переходу до сталого та екологічно чистого енергетичного майбутнього. Гібридна система, що поєднує вітрові та сонячні установки з системами накопичення енергії, відкриває широкі перспективи для розвитку енергетики, що базується на відновлюваних джерелах.

Однією з найбільших переваг гібридних систем електропостачання є їхній потенціал забезпечити стале енергетичне постачання. Вітрові установки та сонячні панелі мають доповнюваний характер виробництва електроенергії, оскільки вони можуть генерувати енергію у різний час доби. Вітер віє сильніше вночі, тоді як сонячні панелі працюють ефективно протягом дня. Застосування систем накопичення енергії дозволяє зберігати надлишкову енергію та використовувати її в тих періодах, коли виробництво енергії є менш інтенсивним.

Гібридні системи електропостачання також відіграють важливу роль у зменшенні залежності від викопних палив та викидів шкідливих газів. Вони сприяють зниженню викидів парникових газів, таких як вуглекислий газ, та допомагають у збереженні природних ресурсів. Завдяки цьому, гібридні системи стають важливим інструментом у боротьбі зі зміною клімату та забрудненням довкілля.

Результати дослідження

Оскільки використання відновлюваної енергії постійно зростає, то зменшується частка теплової енергії. В даний час деякі вчені різних країн зосереджуються на стабільності систем з великомасштабним використанням відновлюваної енергії. По-перше, вітрові турбіни можуть впливати на регулювання частоти двома способами. Один з них - це віртуальне керування інерцією [2], де вітрова турбіна може змінювати частоту шляхом регулювання кінетичної енергії через функцію керування активною потужністю. Іншим способом є первинне регулювання частоти [3], де вітрова турбіна може

змінювати частоту шляхом резервування активної потужності, щоб забезпечити постійну підтримку активної потужності.

По-друге, фотоелектрична енергія, у порівнянні з вітровою, має перевагу швидкого регулювання активної потужності [4]. Фотоелектрична електростанція може використовувати цю можливість для розробки швидкого та ефективного первинного регулювання частоти, щоб забезпечити підтримку частоти. В роботі [5] було запропоновано покращену стратегію плавного керування та координаційну стратегію зв'язування енергії вітру, фотоелектричної енергії та системи зберігання енергії зворотного зв'язку щодо стану заряду. Також часто розглядається режим керування потужністю фотоелектричної станції, що дозволяє фотоелектричній енергії брати участь у первинному регулюванні частоти системи.

Зі зростанням інтеграції відновлюваної енергетики значну увагу почали приділяти регулюванню частоти, оскільки відновлювані джерела енергії не мають такої ж інерційної реакції, як традиційні генератори, і їх продуктивність є змінною та нестабільною. Системи зберігання енергії мають перевагу швидкого реагування. У роботі [7] було запропоновано стійке керування, а стаття [8] пропонує метод керування частотою за допомогою паралельно працюючих батарейних систем. У роботі [9] розроблено систему автоматичного керування генерацією акумуляторної енергії. Для координації служб регулювання частоти в статті [10] розглядається координаційний алгоритм, який охоплює повільні та швидкі енергоресурси.

Отже, на сьогоднішній день існує активне дослідження та розробка різних методів та стратегій для ефективного регулювання частоти систем, що використовують відновлювану енергію. Ці підходи включають використання вітрових турбін, фотоелектричних електростанцій та систем зберігання енергії, що сприяють стабільності та надійності електроенергетичних мереж, основаних на відновлюваній енергії. Тому з метою покращення стабільності частоти системи з відновлюваною енергією розглянемо керування частотою гібридної системи електропостачання, що складається з вітрової, сонячної установок та системи накопичення енергії.

За зростання використання відновлюваної енергії, зменшується можливість керування активною потужністю енергосистеми, оскільки відновлювана енергетика не може ефективно реагувати на зміни частоти системи. Це створює проблеми для інтеграції потужних відновлюваних джерел енергії до електричних мереж. Щоб забезпечити більшу еквівалентну інерцію обертання та здатність регулювання частоти, були розглянуті два типи методів керування частотою. Перший - це віртуальне керування інерцією, а другий - первинне керування частотою з використанням систем зберігання енергії.

Відновлювані джерела енергії, такі як вітрові, сонячні установки та системи накопичення енергії мають різні характеристики та здатність до накопичення. Щоб підвищити їх стабільність, розробляються стратегії координаційного керування. Пропонується активне керування координацією потужності, що включає дві основні частини: систему керування електростанцією та систему керування блоком. Система керування електростанцією контролює активну потужність відновлюваних джерел та систем зберігання енергії згідно зі стратегією керування потужністю станції. Система керування блоком включає активне керування потужністю вітрової турбіни змінної швидкості, фотоелектричної установки та системи зберігання енергії. Система керування електростанцією контролю потужність вітрової, фотоелектричної та системи зберігання енергії. Ця система має три основні функції: спостереження за роботою блоку виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, спостереження за роботою системи зберігання енергії та контроль координації активної потужності.

Загальна структура активного керування координацією потужності наведена на рис. 1. Ця система керування дозволяє забезпечити більшу стабільність та надійність електричних мереж з великим відсотком енергії, виробленої з відновлювальних джерел енергії. Вона дозволяє ефективно керувати активною потужністю, забезпечуючи необхідний рівень стабільності частоти системи.

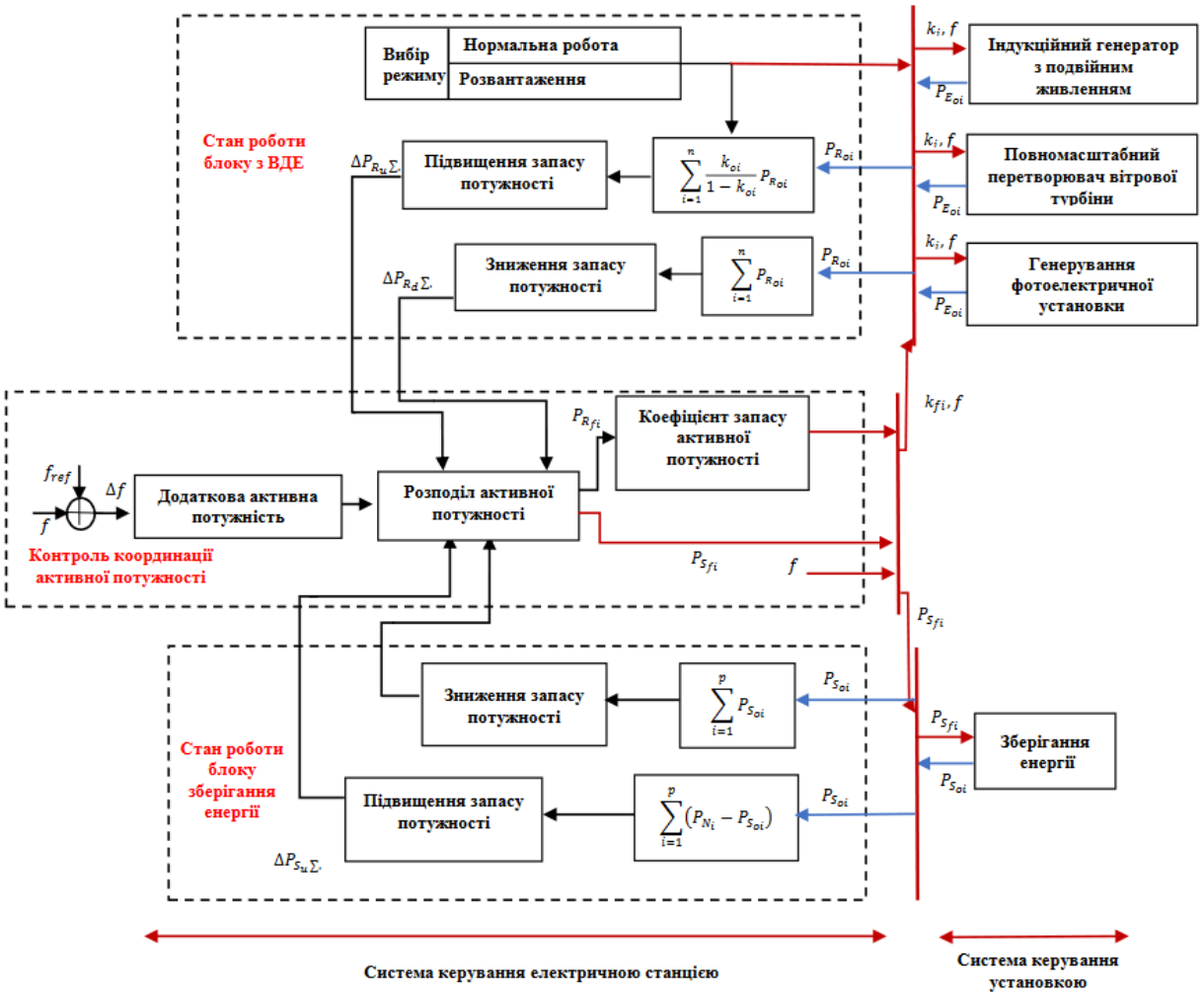

Рисунок 1 - Загальна структура системи координації активної потужності

Розробка таких координаційних стратегій керування є важливим напрямком досліджень у сфері відновлюваної енергетики. Вона сприяє збільшенню надійності та ефективності використання відновлюваних джерел енергії, а також допомагає забезпечити баланс між виробництвом та споживанням електроенергії в електричних системах з великомасштабною інтеграцією відновлюваної енергетики.

Висновок

Для забезпечення покращеної стабільності частоти системи запропоновано використовувати нову систему керування активною потужністю для гібридної системи електропостачання, яка складається з вітрової та сонячної електростанцій та системи накопичення енергії. Ця система керування координацією активної потужності складається з двох основних частин: системи керування електростанцією та системи керування блоком. Система керування електростанцією відповідає за контроль активної потужності відновлюваної енергії та накопичення енергії, а також передає опорне значення потужності до пристрою. Система керування блоком включає в себе активне керування потужністю вітрової турбіни зі змінною швидкістю, фотоелектричної установки та накопичувача енергії. Запропонований контроль координації активної потужності є точним і ефективним, що дозволяє покращити стабільність частоти системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ю.В. Малогулко Дослідження генерування вітроелектроустановок з системами накопичення енергії / Малогулко Ю., Повстянко К., Затхей М. // «Вісник Хмельницького національного університету».

Технічні науки. – 2022. (311) №1. - С. 9-13.

2. J. P. Wu, Z. X. D. Yang, X. Zhai, et al, “Analysis on primary frequency regulation of grid-connected PV station in power system,” Electrical Measurement Instrumentation, 53(18), pp.88-92, 2016.

3. Malogulko Yu., Kovalchuk N., & Lastivka V. (2022). ANALYSIS OF THE OF SMOOTHING METHODS POWER FLUCTUATIONS OF THE PHOTOELECTRIC PLANT USING BESS. Norwegian journal of development of the international science, 97, 56–59. https://doi.org/10.5281/zenodo.7377447.

4. J. Y. Huang, X. R. Li, T. T. Zhou, et al, “Optimal Capacity Allocation for Supercapacitor Energy Storage System in Power Grid Primary Frequency Regulation,” Advanced Materials Research, pp.407-417, 2014.

5. Y. Han, P. M. Young, A. Jain, et al, “Robust control for microgrid frequency deviation reduction with attached storage system,” IEEE Transactions on Smart Grid, 6(2), pp. 557-565, 2015.

6. Малогулко Ю.В. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ / Малогулко Ю.В., Ластівка В.Б. // Znanstvena misel journal. №65/2022, pp. 65-68. ISSN 3124-1123.

7. Goya T, Omine E, Kinjyo Y, et al, “Frequency control in isolated island by using parallel operated battery systems applying H∞ control theory based on droop characteristics,” Renewable Power Generation Iet, 5(2), pp.160-166, 2011.

8. D. Ding, Z. Q. Liu, S. L. Yang, et al, “Battery energy storage aid automatic generation control for load frequency control based on fuzzy control,” Power System Protection and Control, 43(8), pp.81-87, 2015.

9. B. Dong, X. Y. Xu, S. Ma, et al, “Influence study of wind power on system frequency control based on long-term dynamic simulation,” Power System Protection and Control, 42(12), pp.57-64, 2014.

10. X. S. Tian, W. S. Wang, Y. Li, et al, “Coordinative control strategy of virtual inertia and primary frequency of DFIGs based wind farms,” IEEE PES APPEEC, pp. 2169-2174, 2016.

11. Малогулко Ю. В. Аналіз результатів дослідження застосування комбінованої системи електропостачання на базі вітро- та фотовольтаїчних установок [Електронний ресурс] / Ю. В. Малогулко, В. Л. Ковальчук // IV Міжнародна науково-технічна конференція "Оптимальне керування електроустановками" (ОКЕУ-2017), Вінниця, 27-28 листопада 2017 р. – 2017. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/okeu/okeu/paper/viewFile/3529/2988.

12. Малогулко Ю. В. Дослідження ефективності застосування комбінованої системи електропостачання на базі вітро- та біогазової енергоустановок [Електронний ресурс] / Ю. В. Малогулко, В. В. Гриник, В. В. Хавтирко // IV Міжнародна науково-технічна конференція "Оптимальне керування електроустановками" (ОКЕУ-2017), Вінниця, 27-28 листопада 2017 р. – 2017. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/okeu/okeu/paper/viewFile/3527/2987.

13. Малогулко Ю. В. АНАЛІЗ ВПЛИВУ BESS НА ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ [Електронний ресурс] / Ю. В. Малогулко, В.Б. Ластівка // Матеріали молодіжної науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2022)» : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 180-184 с. - Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-mn/index/pages/view/zbirn2022.

Юлія Володимирівна Малогулко — к.т.н., доцент кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Juliya_Malogulko@ukr.net.

Ластівка Вікторія Богданівна — студентка групи 1ЕСМ-21б, факультет електроенергетики, електромеханіки та електротехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vlastivka19@gmail.com.

Juliya V. Malogulko —Ph.D., Assistant Professor of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Juliya_Malogulko@ukr.net.

Viktoriya B. Lastivka - student of 1ESM-21b group, Department of Electricity, Electromechanics and Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vlastivka19@gmail.com.