

ОЦІНКА СТАНУ ЛОКАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ: СИСТЕМИ ЗМІННОГО, ПОСТІЙНОГО ЧИ ПОСТІЙНО-ЗМІННОГО ТИПУ

Вступ. У сучасному електроенергетичному виробництві та споживанні актуальною є тема оптимізації та покращення функціональності мікромереж/локальних енергетичних систем. Ці системи представляють собою різновид сучасних електроенергетичних мереж, які поділяються на кілька типів залежно від характеристик напруги, зокрема мікромережі змінного струму, мікромережі постійного струму та постійно-змінного струму[1-3].

Мікромережі змінного струму виявилися найбільш поширеними та популярними, здатними спростувати процес підключення до розподільної мережі та ефективно використовувати наявні навантаження. Однак при значному обсязі відновлюваної генерації можуть виникати проблеми із стабільністю та ефективністю[7]. Мікромережі постійного струму, хоча і мають свої переваги, стикаються із викликами, пов'язаними із додатковими етапами перетворення електроенергії. Нові цінні ставки тарифів на електроенергію додають ще один аспект, який впливає на розвиток та оцінку локальних систем електропостачання, особливо для мікромереж змінного та постійного струму[17].

Відповідно до виявлених викликів, одним із шляхів розв'язання є використання гібридних мікромереж, які об'єднують у собі переваги обох типів. Це дозволяє забезпечити баланс між мікромережами змінного та постійного струму, гарантуючи ефективне функціонування системи[7].

Основний зміст. Мікромережа (МГ) являє собою складову розподілених генеруючих установок і взаємопов'язаних навантажень, обмежених визначеними електричними межами [1]. Мікромережі за функціональністю можна поділити на три типи: змінного струму, постійного постійно-змінного типу [2]. МГ змінного струму є найбільш популярним та розповсюдженим типом в енергосистемі [3]. Із зростанням відновлюваної генерації у мережі відбуваються дослідження можливих методів для для об'єднання централізованих систем електропостачання на основі змінного струму з мікромережами на основі постійного струму [4,5,6].

Розглянута схема мікромережі змінного струму, яка виявляє значимість передачі електроенергії від розподільної мережі із змінним струмом. На тлі переваг цього підходу вказується, що наявність потужних джерел генерації може негативно впливати на стабільність та коефіцієнт потужності мікромережі, знижуючи ефективність системи перетворення електроенергії.

Схема мікромережі постійного струму, яка, відмінно від розподільної системи змінного струму, не потребує врахування реактивної потужності та інших параметрів. Зазначено, що цей підхід погіршує підвищення ефективності генерації електроенергії, але вимагає додаткових перетворювачів для використання змінного навантаження.

У зв'язку з обмеженнями обох типів мікромереж, розглядається гібридний підхід, представлений, який об'єднує переваги мікромережі змінного та постійного струму. Такий підхід відкриває нові можливості для оптимізації ефективності та стабільності енергетичних систем, розв'язуючи проблеми змінного типу навантаження та генерації.

Режими функціонування ЛЕС визначаються графіками роботи генераторів та споживачів, представленими у відповідних навантаженнях. Основний графік, що охоплює добу, відрізняється значною нерівномірністю споживання з характерними зонами активності. Електроспоживання упродовж доби характеризується різкими змінами протягом коротких періодів, представленими годинними або навіть хвилинними інтервалами. Робота електроенергетичної системи за таким нерівномірним графіком призводить до додаткових витрат, таких як перевитрати палива та наявність надлишкового генеруючого обладнання з супутніми ресурсами. Ці аспекти враховуються в тарифі на електроенергію з метою збереження економічності ЛЕС в цілому, що впливає на зростання витрат споживачів.

Оновлені цінні ставки тарифу на електроенергію, які набудуть чинності з 30 листопада в Україні, можуть вплинути на оцінку стану локальних систем електропостачання, зокрема в контексті висновків із проведеного аналізу схеми мікромереж[17].

Однією з ключових переваг локальної енергетичної систем є їх надійність, яка забезпечує безперебійне електропостачання енергопостачальним компаніям, так і їх клієнтів. У випадку відмови основної електромережі локальні енергетичні системи можуть залишитися активними, забезпечуючи підтримку споживачів, від'єднавшись або ізолюючись від центральної мережі. Будучи автономними суб'єктами, з точки зору локальної генерації та зберігання електроенергії, ЛЕС можуть обслуговувати споживачів, поки не буде відновлено постачання з основної мережі. Надійність ЛЕС забезпечує здатність енергопостачальної компанії забезпечувати стійке електропостачання для своїх клієнтів, тоді як стійкість ЛЕС включає в себе здатність уникати перебоїв в електропостачанні та/або швидко відновлюватися після втрати генерації в непередбачуваних умовах, таких як аварії чи стихійні лиха. ЛЕС спеціально спроектовані та автоматизовані для швидкого відновлення основних послуг, навіть за раптових руйнівних обставин [19].

Для ЛЕС повинна бути передбачена відповідна система захисту, яка реагує на несправності всередині самої ЛЕС та на несправності у живильній мережі, до якої вона приєднана. Якщо несправності виникають всередині системи, то відповідна несправність повинна бути ізольована, що може призвести до утворення декількох субмікромереж. Якщо пошкодження сталося на живильному пристрої, то система захисту повинна ізолювати ЛЕС від мережі за короткий час спрацьовування, щоб захистити компоненти ЛЕС. Чутливість системи захисту повинна забезпечувати відсутність невиявлених пошкоджень або запізнилих відключень.

Висновки:

1. З проведеного аналізу схем зроблено висновок, що мікромережі є сучасною електроенергетичною системою, яка розділена на різні типи незалежно від характеристик напруги, таких як мікромережі змінного струму та мікромережі постійного струму, постійно-змінного струму. Мікромережі змінного струму є найбільш поширеними і популярними типами. Вони володіють перевагою у спрощенні підключення до розподільної мережі змінного струму, а також у використанні наявних навантажень. Однак при великому обсязі відновлюваної генерації можуть виникати проблеми зі стабільністю та ефективністю. Мікромережі постійного струму, незважаючи на свої переваги, стикаються з викликами додаткового перетворення електроенергії.

2. Нові цінові ставки тарифу на електроенергію створюють додаткові фактори, які повинні вплинути на оцінку та розвиток локальних систем електропостачання, зокрема для мікромереж змінного та постійного струму. Один із способів розв'язання цих проблем - використання гібридних мікромереж, які об'єднують у собі як мікромережі змінного струму, так і мікромережі постійного струму. Це дозволяє збалансувати переваги обох типів мікромереж і забезпечити ефективну роботу системи.

3. Стабільність локальної енергосистеми (ЛЕС) є ключовим аспектом, особливо в умовах її підключення до центральної мережі та автономної роботи. Підключення до центральної мережі має вигоди для стабільності, але автономний режим з відновлюваною генерацією може створювати виклики. Технічні проблеми в автономному режимі, такі як компенсація реактивної потужності та управління напругою, вимагають уваги для забезпечення стабільності. Ефективна система управління важлива для оптимального використання ресурсів, але вибір типу управління залишиться відкритим питанням. Система захисту ЛЕС є обов'язковою умовою, при реагуванні на несправності та забезпечуючи ізоляцію у разі потреби

У впровадженні ЛЕС є багато викликів, а дослідження та впровадження нових технологій є успіхом для досягнення оптимальної ефективності та стабільності в майбутньому.

Список використаних джерел:

- [1] A. López-González, B. Domenech, L. Ferrer-Martí, "Sustainability and design assessment of rural hybrid microgrids in Venezuela", *Energy*, Volume 159, pp. 229-242, 2018.
- [2] B. Papari, R. Cox, N. Sockeel, "Supervisory Energy Management in Hybrid AC-DC Microgrids Based on a Hybrid Distributed Algorithm". In 2020 IEEE Clemson University Power Systems Conference (PSC), pp.1-6, 2020
- [3] B. Papari, CS Edrington і T. Vu, "Stochastic operation of interconnected microgrids", 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting , стр. 1-5, 2017.
- [4] Li, X.; Song, Y.J.; Han, S.B. Study on Power Quality Control in Multiple Renewable Energy Hybrid Micro Grid System. In Proceedings of the 2007 IEEE Lausanne Power Tech, Lausanne, Switzerland, 1–5 July 2007; pp. 2000–2005.
- [5] Prabhala VA, K.; Baddipadiga, B.P.; Ferdowsi, M. DC distribution systems-An overview. In Proceedings of the 2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), Milwaukee, WI, USA, 19–22 October 2014;

pp. 307–312.

4. [6] Abbasi, M.; Abbasi, E.; Li, L.; Aguilera, R.P.; Lu, D.; Wang, F. Review on the Microgrid Concept, Structures, Components, Communication Systems, and Control Methods. *Energies* 2023, 16, 484.

5. [7] B. Papari, CS Edrington, I Bhattacharya and G Radman, "Effective Energy Management of Hybrid AC-DC Microgrids with Storage Devices", *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 13, pp. 15-36, 2017.

[8] Navas-Fonseca, A.; Burgos-Mellado, C.; Gomez, J.S.; Donoso, F.; Tarisciotti, L.; Saez, D.; Cardenas, R.; Sumner, M. Distributed Predictive Secondary Control for Imbalance Sharing in AC Microgrids. *IEEE Trans. Smart Grid* 2021, 13, 20–37.

[9] Dragicevic, T.; Lu, X.; Vasquez, J.C.; Guerrero, J.M. DC microgrids—Part II: A review of power architectures, applications, and standardization issues. *IEEE Trans. Power Electron.* 2015, 31, 3528–3549.

6. [10] Ali, S.; Zheng, Z.; Aillerie, M.; Sawicki, J.-P.; Péra, M.-C.; Hissel, D. A Review of DC Microgrid Energy Management Systems Dedicated to Residential Applications. *Energies* 2021, 14, 4308.

7. [11] Nejabatkhah, F.; Li, Y.W. Overview of Power Management Strategies of Hybrid AC/DC Microgrid. *IEEE Trans. Power Electron.* 2014, 30, 7072–7089.

8. [12] Espina, E.; Llanos, J.; Burgos-Mellado, C.; Cardenas-Dobson, R.; Martinez-Gomez, M.; Saez, D. Distributed Control Strategies for Microgrids: An Overview. *IEEE Access* 2020, 8, 193412–193448.

9. [13] Gao, F.; Wang, X.; Yang, P.; Kou, S.; Sun, M. Research and Simulation of Hybrid AC/DC Microgrid. In Proceedings of the 2020 4th International Conference on HVDC (HVDC), Xi'an, China, 6–9 November 2020; pp. 1276–1280.

10. [14] Wang, L.; Fu, X.; Wong, M.-C.W. Operation and Control of a Hybrid Coupled Interlinking Converter for Hybrid AC/Low Voltage DC Microgrids. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2020, 68, 7104–7114.

11. [15] Li, X.; Guo, L.; Li, Y.; Guo, Z.; Hong, C.; Zhang, Y.; Wang, C. A Unified Control for the DC–AC Interlinking Converters in Hybrid AC/DC Microgrids. *IEEE Trans. Smart Grid* 2017, 9, 6540–6553.

12. [16] An, C.-G.; Choi, B.-Y.; Lee, H.; Kim, T.-G.; Kang, K.-M.; Kim, M.; Lee, Y.-S.; Yi, J.; Won, C.-Y. Space Vector Pulse-Width Modulation Control Strategy for Four-Leg Inverters Under Single Line-to-Ground Faults in Islanded Microgrids. *IEEE Access* 2022, 10, 18557–18569.

13. [17] НКРЕКП встановлення граничної ціни на електричну енергію [Електронний ресурс]: Постанова «Про встановлення граничних цін на ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку та балансуєчому ринку». /. – Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/news/nkrekp-vstanovila-granichni-cini-na-elektrichnu-energiyu>

14. [18] S. Denysiuk, V. Opryshko, B. Basok: Optimization of Energy Processes in Local Power Supply Systems with Variable Operating Modes. *Power Systems Research and Operation Studies in Systems, Decision and Control*, 2022, p. 133-157

15. [19] Benefits and Challenges of Microgrids [Електронний ресурс] /. – Режим доступу: https://ebrary.net/207467/computer_science/benefits_challenges_microgrids