

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ MICROGRID ПОСТІЙНОГО ТА ЗМІННОГО СТРУМІВ

**Вступ.** Актуальність розвитку локальних мереж зумовлена потребами сучасної енергетики. Microgrid (MG) являють собою перспективну модель децентралізованого енергозабезпечення, яка дозволяє покращити надійність та ефективність постачання електроенергії. Швидке поширення таких систем у світі спричинило необхідність їх системного вивчення та класифікації. Адже електрична мережа має свої особливості, зумовлені різними параметрами.

**Мета.** Метою даного дослідження є аналіз підходів до класифікації Microgrid з різних перспектив. Такий аналіз дозволить краще розуміти технологічні особливості локальних мереж, сприяти їх подальшому вдосконаленню та інтеграції в енергосистеми. Це у свою чергу покращить функціональність мережі та задоволення потреб споживачів в електроенергії.

**Матеріал і результати дослідження.** Розглянемо основні підходи до класифікації MG. Побудова ефективної системи на основі MG потребує всебічного вивчення її характеристик та особливостей. Одним із ключових аспектів для цього є класифікація за різними ознаками. Виділення типів локальних мереж дає змогу структурувати їх множинне розмаїття та краще зрозуміти особливості кожної конкретної системи. Це необхідно як для наукових досліджень, так і для практичного застосування концепції. Визначення чітких критеріїв класифікації допомагає приймати обґрунтовані рішення стосовно вибору конфігурації MG, її елементної бази, систем управління та взаємодії з інфраструктурою.

**За типом живлення** MG поділяється на мережі постійного струму (DC), змінного струму (AC), змінного струму високої частоти (HFAC), змінного струму лінійної частоти (LFAC) та гібридні MG, що поєднують DC та AC режими. Класифікацію наведено на рисунку 1[1].

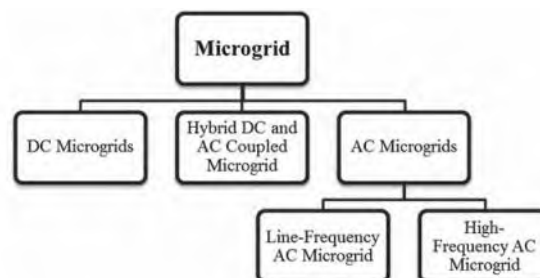


Рисунок 1 - Класифікація за типом живлення

Мережі постійного струму (DC MG) мають менші енергетичні втрати порівняно із мережами змінного струму (AC MG) завдяки відсутності реактивних складових.

Всі компоненти DC системи, а саме джерела вироблення електроенергії (сонячні панелі, вітротурбіни, паливні елементи), батареї та споживачі пов'язані лініями постійного струму. Батареї захищені від перезарядки та розряду системою керування. Напруга від джерел постійного струму подається безпосередньо на шину та навантаження постійного струму, а для навантажень змінного струму використовують інвертори. Гібридна MG зазвичай складається з двох основних частин: шини постійного струму та шини змінного струму, які з'єднуються в одній точці з основною електричною мережею. Системи AC об'єднують різні джерела живлення та дозволяють підключатися як безпосередньо до мережі, так і через перетворювачі. При цьому інвертори регулюють постачання та відбирання енергії для зарядки акумуляторів та живлення споживачів. Така конфігурація дає змогу використовувати трансформатори і застосовувати системи для високопотужних навантажень, при цьому потрібна синхронізація з централізованою мережею або утримання параметрів при острівній роботі. Локальні системи можуть поєднувати обидва типи струму для досягнення оптимальної продуктивності[2-4]. Системи змінного струму високої частоти (HFAC) пропонують зменшення

розміру та ваги електронного обладнання шляхом підвищення частоти. Однак HFAC мають обмежений радіус дії через зростання втрат із збільшенням відстані, і, таким чином, вони підходять лише для невеликих областей.

Microgrid змінного струму лінійної частоти (LFAC) є однією з конфігурацій мережі, де різні джерела енергії та навантаження підключаються до системи, яка працює зі стандартним змінним струмом із низькою частотою. Зазвичай ця частота складає 50 або 60 Гц, відповідно до регіональних стандартів електропостачання. При цьому варто враховувати, що в LFAC потребується використання різних перетворювачів DC-AC та AC-DC для забезпечення правильної роботи системи, а також трансформаторів низької частоти для гальванічної ізоляції та підвищення напруги, що може підвищити складність та вартість системи[5].

**За застосуванням** MG можна класифікувати як комунальні (внутрішноміські), комерційні та промислові, а також ізольовані. Комунальні мікромережі - це мережі, які обслуговують розташовані поруч споживачі в містах або районах. Комерційні та промислові мікромережі розроблені для задоволення потреб комерційних підприємств або промислових об'єктів. Ізольовані мережі - мережі, які можуть працювати самостійно, відокремлено від головної електромережі.

**За структурою системи** MG поділяються на одноступеневі та двоступеневі системи перетворення електроенергії. В одноступеневій системі (рис. 2) всі джерела енергії безпосередньо підключені до мережі MG за допомогою одного перетворювача.

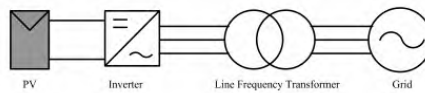


Рисунок - 2 Одноступенева система перетворення

Двоступенева система (рисунок 3) має два перетворювачі: один для підключення джерела енергії, інший - для зв'язку з мережею. Це дає змогу оптимізувати використання джерела та краще керувати системою.

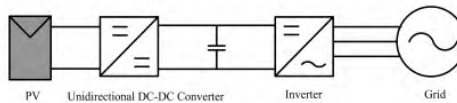


Рисунок - 3 Двоступенева система перетворення

**За системою наглядового контролю** MG можуть бути централізованими або децентралізованими. Централізована система передбачає відправку заданих значень від центрального контролера до локальних контролерів через двосторонню лінію зв'язку, а децентралізована використовує багатоагентну систему для комунікації між агентами.

**Підключення джерел енергії** до MG може бути з електронним зв'язком (з використанням перетворювачів) або без нього (звичайні обертові розподілені генератори)[6-7].

**Режим роботи** MG може бути острівним (ізольованим) або мережевим (підключеним до централізованої електричної мережі). У режимі острівної роботи MG відключається від централізованої електричної мережі і працює автономно. У режимі мережевої роботи MG підключено до централізованої електричної мережі.

**Висновки.** Запропонована класифікація дозволяє структурувати множинність існуючих типів MG, краще усвідомити їх технологічні особливості та сприяти оптимізації процесів проектування, експлуатації та інтеграції локальних мереж, що в підсумку позитивно позначиться на якості енергозабезпечення користувачів та сприятиме подальшому розвитку цієї перспективної енергетичної концепції.

#### Список використаних джерел:

1. Mahmoud M. S., AL-Sunni F. M. Control and Optimization of Distributed Generation Systems. Springer International Publishing AG, 2015.
2. Sahayam M., Srinivasan G.K. Microgrid: structures, control methods, standards and challenges. 2020.
3. Белоха, Г. С. Оптимізація технікоекономічних показників локальних систем електроживлення з транзактивним керуванням [Електронний ресурс] : монографія; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 127 с.
4. Dragičević T., Li Y. AC and DC Microgrid Control. *Control of Power Electronic Converters and Systems*. 2018. P. 167–200.
5. Modeling, control and technoeconomic analysis of Karabuk University Microgrid. - Turkey / Nuri Almargani, Ali Almagrahi, Assoc. Prof. Dr. Ziyodulla Yusupov. 2020. P.24-26
6. A review of power electronics based microgrids / X. Wang et al. *Journal of power electronics*. 2012. Vol. 12, no. 1. P. 181–192.
7. Xiongfei Wang, Guerrero J. M., Chen Z. Control of grid interactive AC microgrids. *2010 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2010)*, Bari, Italy, 4–7 July 2010.