

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МІКРОМЕРЕЖ

Мотайло М. С., аспірант, e-mail: maksim.motaylo@gmail.comТоберт М. Ю., аспірант, e-mail: tobert.mikhail@gmail.comМороз О. М. д.т.н., проф., e-mail: moroz.an@ukr.net

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. Законодавство України визначає енергетичну децентралізацію одним із пріоритетних завдань для зміцнення стійкості енергосистеми та підвищення енергобезпеки країни. З оглядом на це були створені умови для розвитку проектів розподіленої генерації [1]. Розосереджена генерація набуває все більшого впровадження в енергетичному секторі України, так, відповідно до розпорядження Кабінету міністрів України від 18 липня 2024 року [2] було схвалено Стратегію розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року, яка передбачає перегляд існуючого підходу до розбудови енергосистеми шляхом розвитку генеруючих розподілених потужностей [3]. Таким чином, актуальність зумовлена зростаючими вимогами до надійності, стійкості та екологічності енергопостачання в світі та в Україні. Із розвитком відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і потребою зменшити викиди парникових газів, мікромережі стають важливим елементом енергетичної інфраструктури, здатним ефективно інтегрувати ВДЕ, акумулювати електроенергію та забезпечувати її стабільне постачання, навіть у разі аварій в основній мережі.

Мета досліджень. Проведення аналізу щодо проблем та перспектив розвитку мікромереж в світі та в Україні.

Основні матеріали досліджень. Мікромережа — це локальна мережа з'єднаних між собою електричних пристроїв, якими можна керувати, під'єднуючись або від'єднуючись від великої електромережі, конфігурація цих пристроїв може розрізнятися.

Компонентами мікромережі, як правило, є пристрої зберігання та генерації електроенергії, такі як акумулятори та джерела розосередженої генерації: сонячні електростанції (СЕС), вітроенергетичні установки (ВЕУ), біогазові установки (БГУ), резервні генератори, зокрема дизельні. Такі мережі мають засоби моніторингу, які можуть працювати без участі людини, а також здатні від'єднуватися від основної мережі і працювати автономно, навіть якщо центральна розподільча мережа вийшла з ладу [4].

Міністерство енергетики США (Department of Energy — DOE) визначає мікромережу як «групу взаємопов'язаних навантажень і розподілених енергетичних ресурсів у чітко визначених електричних межах, яка діє як єдиний керований об'єкт по відношенню до енергосистеми. Мікромережа може підключатися і відключатися від мережі, що дозволяє їй працювати як в мережевому, так і в автономному (острівному) режимах» [5]. Крім того, DOE стверджує, що «мікромережі були визначені як ключовий компонент “розумної мережі” для поліпшення надійності та якості електроенергії, підвищення енергоефективності системи та забезпечення можливості енергонезалежності для окремих об'єктів кінцевих споживачів». Станом на 2022 рік у США було встановлено близько 10 ГВт потужності мікромереж. Це значення не є великим, але нові мікромережі проектується і будуються, наразі в США налічується 4347 мікромереж [6,7]. Перевагами мікромереж є здатність до інтеграції з розподільними мережами, використання в них технологій інтелектуальних мереж, а також можливість зниження пікового навантаження. Значною перевагою є забезпечення енергопостачання комплексів із критичною потребою в електроенергії і можливість відпускати електроенергію в об'єднану мережу.

Згідно з енергетичною стратегією України [8], однією з цілей майбутнього розвитку енергетичної системи України стане досягнення максимального рівня кліматичної нейтральності. Мікромережі сприяють цьому, оскільки мають в своїй архітектурі СЕС, ВЕУ, БГУ та інші ВДЕ. На відміну від традиційної електричної мережі мікромережі спираються на розподілені та екологічно чисті джерела, що робить енергосистему стійкішою, більш гнучкою та знижує викиди CO₂ [5].

У кожному регіоні країни можуть бути доступні свої енергетичні ресурси. Наприклад, БГУ можуть бути корисними в сільських районах, де є значні об'єми органічних відходів, а гідроенергетика — в гірських і водних зонах. Мікромережі дають змогу адаптувати структуру енергопостачання під особливості місцевості, забезпечуючи більшу енергетичну автономію, особливо об'єктів критичної інфраструктури. Відповідно до умов воєнного часу, такі об'єкти крім ракетних ударів зазнають кібератак. Кібербезпека мікромереж є важливим і складним завданням, оскільки їхня робота залежить від цифрових технологій і мережевого управління. Впровадження розумних датчиків, цифрових систем управління і технологій інтернету речей робить мікромережі вразливими до кібератак, що може призвести до серйозних наслідків для енергопостачання. З оглядом на це, в 2019-му році були досліджені технології захисту мікромереж та випробувано їх відновлення після хакерських атак. Ця система [4] має три рівні: 1) на першому рівні системи енергоменеджменту працюють на рівні розподільчої системи для забезпечення ситуаційної обізнаності про стан місцевої мережі, прогнозування доступності енергоресурсів, а також дозволяють провести швидке переключення між джерелами або накопичувачами у разі відключення електропостачання; 2) другий рівень дозволяє розподіленим енергоресурсам спільно підтримувати електропостачання без центрального контролю. Навіть якщо така подія, як кібератака, виведе з ладу диспетчерську, мікромережі можуть ефективно “спілкуватися” одна з одною, щоб визначити стан сусідніх мікромереж і, за потреби, долучитися до їхнього виробництва енергії. Цей рівень також здатен підтримувати базовий рівень енергопостачання критично важливих навантажень, таких як лікарні, пожежні станції тощо; 3) третій рівень забезпечує автономне відновлення енергосистеми без втручання людини. Команда успішно ресинхронізувала чотири мікромережі, незважаючи на короткі замикання та великі навантаження, а потім змогла перезапустити всю мережу.

Вбудований інтелект цієї трирівневої архітектури управління є унікальним, оскільки дозволяє мережі функціонувати без втручання людини, значно скорочуючи час, необхідний для відновлення електропостачання після відключення, з годин і днів до декількох хвилин.

Висновок. Мікромережі є перспективним напрямком розвитку енергетики, що дозволяє створювати локальні енергосистеми з розподіленими джерелами та відновлюваними енергетичними ресурсами. Вони можуть працювати автономно, забезпечуючи надійне енергопостачання навіть у разі відключення центральної мережі. Важливою перевагою є можливість адаптації під місцеві ресурси, що підвищує стійкість і зменшує викиди CO₂, підтримуючи цілі кліматичної нейтральності. Необхідність кібербезпеки та захисту від атак залишається викликом, який вимагає розвитку інтелектуальних систем управління.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виклики та можливості розвитку розподіленої генерації та мікромереж в громадах. URL: <http://surl.li/hmlkbe> (дата звернення: 31.10.2024).
2. Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року: URL: <http://surl.li/venuie> (дата звернення: 31.10.2024).
3. Уряд схвалив стратегію розвитку розподіленої генерації до 2035 року. URL: <http://surl.li/maykqy> (дата звернення: 31.10.2024).
4. Success Story—Using Renewable Microgrids to Keep the Lights On. URL: <http://surl.li/qopyjo> (дата звернення: 31.10.2024).
5. Microgrid Fundamentals How They Work & The Roles Generators Play. URL: <http://surl.li/kgprjo> (дата звернення: 31.10.2024).
6. US microgrid outlook 2024. URL: <http://surl.li/onejhg> (дата звернення: 31.10.2024).
7. US microgrid outlook 2022. URL: <http://surl.li/esfdtk> (дата звернення: 31.10.2024).
8. Енергетична стратегія до 2050 року. URL: <http://surl.li/wpbyog> (дата зверн.: 31.10.2024).