https://doi.org/10.31649/1997-9266-2026-184-1-91-97

УДК 621.311.1.001.57

О. Ф. Буткевич[1,2]
А. Р. Кравченко[1]

ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ АГРЕГОВАНИХ МІКРОМЕРЕЖ: СИТУАТИВНИЙ АСПЕКТ

[1]Інститут електродинаміки Національної академії наук України;
[2]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Забезпечення потреб в електроенергії споживачів різних населених пунктів за умов частих перебоїв електропостачання потребує нових підходів до організації систем управління виробництвом та споживанням електроенергії з використанням мікромереж. У статті розглянуто один із підходів, що сприяє вирішенню актуальної проблеми електрозабезпечення споживачів територіальних громад і базується на формуванні агрегованих мікромереж та управлінні постачанням електроенергії споживачам за допомогою відповідних систем управління розподіленими енергетичними ресурсами (DERMS). Такі системи спрямовані на збільшення тривалості електроживлення об'єктів критичної інфраструктури територіальних громад у разі аварійного відключення агрегованих мікромереж від розподільної мережі, що досягається оптимальним управлінням генерацією, системами накопичення електроенергії та її розподілом серед споживачів відповідно до встановлених пріоритетів електропостачання. У цьому дослідженні використано дворівневу архітектуру DERMS, що, залежно від ситуації (наявність чи відсутність електричного зв'язку з розподільною мережею) реалізує, відповідно, локальне управління чи координацію виробництва і споживання електроенергії в межах агрегованих мікромереж. Задача управління сформульована як багатоцільова оптимізаційна задача, найвищим пріоритетом якої є забезпечення довготривалого електроживлення об'єктів територіальної громади, що є критично важливими в аспекті її життєздатності. Додаткові цілі стосуються ефективного використання енергетичних ресурсів, зокрема максимального використання відновлюваних джерел енергії. Передбачено, що попередньо усі споживачі електроенергії, залежно від їхньої ролі в забезпеченні життєдіяльності територіальної громади, мають бути об'єднані у відповідні кластери за пріоритетністю електропостачання. В середовищі MATLAB/Simulink розроблено та налаштовано з використанням реальних даних моделі двох мі-кромереж, з яких утворено агреговану мікромережу. Наведено результати перевірки ефективності запропонованого підходу моделюванням функціонування DERMS агрегованої мікромережі за умов виникнення острівного режиму (відсутності електричного зв'язку з розподільною мережею) за зимовим та літнім сценаріями. Результати виконаних досліджень свідчать, що використання запропонованого підходу до керування електроживленням споживачів агрегованих мікромереж сприятиме підвищенню енергетичної резильєнтності територіальних громад і ефективнішому використанню енергоресурсів.

Ключові слова: агрегована мікромережа, острівний режим, система управління розосередженими енергетичними ресурсами (DERMS), об'єкти критичної інфраструктури, енергетична резильєнтність територіальної громади, моделювання

Вступ

Питання зміцнення та захисту енергетичної інфраструктури стало екзистенційним для України, оскільки воно знаходиться в основі життєздатності не лише ключових галузей економіки країни, а і суспільства в цілому. Масовані обстріли рашистами об'єктів критичної інфраструктури виявили вразливість централізованих систем генерації та електричних підстанцій системотвірної електричної мережі. Тому відновлення та розвиток об'єднаної енергетичної системи України, значна частина об'єктів якої зазнала непоправних руйнувань, має відбуватися у напрямі утворення поєднаних магістральними лініями електропередачі локальних енергетичних систем, що мають бути енергетично самодостатніми (в ідеальному випадку) зі значною часткою в структурі генерувальних потужностей розосереджених джерел генерування (РДГ), до яких належать і відновлювані джерела енергії (ВДЕ).

© О. Ф. Буткевич, А. Р. Кравченко, 2026

Саме внаслідок появи значної сумарної потужності РДГ в розподільних електричних мережах останні набувають нових властивостей, притаманних електричним системам, а у загальному випадку — локальним енергосистемам. Про роль РДГ, яку вони можуть відігравати у поліпшенні показників режимів таких розподільних електричних мереж та підвищенні надійності електропостачання, йдеться у багатьох публікаціях, зокрема в [1]—[3]. Не дивлячись на певні здобутки в царині підвищення надійності електропостачання, проблема надійності електропостачання залишається актуальною, насамперед за умов від'єднання розподільної електромережі від енергосистеми.

До засобів підвищення надійності електрозабезпечення споживачів, що базуються на використанні РДГ (насамперед ВДЕ), належать мікромережі, які за своїми функціями та складовими можна класифікувати як *мініенергосистеми* (в [4] мікромережа трактується як *форма, різновид децентралізованої енергосистеми*). Про важливу роль мікромереж як засобів надійного електропостачання в недалекому майбутньому свідчить значна увага профільних міжнародних організацій, яку вони приділяють питанням розподіленими енергетичними ресурсами. Так, Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) розробив стандарти [5], [6], які містять керівні вказівки та рекомендації щодо управління розподіленими енергетичними ресурсами, окреслюють функціональні вимоги до відповідних систем управління, зокрема, прогнозування, оптимізацію та моніторинг. Міжнародна електротехнічна комісія (IEC) теж опублікувала серію технічних звітів та стандартів, що стосуються різних питань проєктування та експлуатації мікромереж. Наприклад, в [4] запропоновано варіанти використання мікромереж, описано їхні функції як в режимі приєднання до розподільної мережі, так і в острівному режимі, наведено вимоги до засобів захисту та координації функціонування мікромереж. Кодифікуючи такі функції, як стабілізація частоти та напруги, пріоритезація навантаження та скоординована диспетчеризація, зазначені стандарти визначають шлях для практичного розгортання мікромереж. Для максимізації використання ВДЕ та підвищення ефективності мікромереж загалом впроваджуються різні стратегії контролю, зокрема, реагування на попит, управління накопиченням енергії, управління генерацією [7]. Міжнародні стандарти визначають «рамкові умови» для розвитку мікромереж, практичне використання яких передбачає попередню адаптацію до національного контексту.

В Україні регуляторні рамки для мікромереж лише починають формуватися шляхом гармонізації з міжнародними стандартами та директивами ЄС. Розподільні електромережі з РДГ та приєднаними мікромережами — це тренд розвитку української електроенергетики, що окреслився протягом останніх років. І завдання підвищення надійності електрозабезпечення споживачів залишається актуальним як у разі від'єднання розподільної електромережі від енергосистеми, так і у разі від'єднання мікромережі від розподільної електромережі, оскільки доводиться покладатися лише на енергоресурси, доступні в «рамках» розподільної електромережі та мікромережі відповідно.

Мета роботи — дослідити питання доцільності агрегування мікромереж територіальних громад та використання «ситуативного» підходу до управління процесами генерування та споживання електроенергії в таких агрегованих мікромережах для підвищення енергетичної резильєнтності територіальних громад.

Підстави для агрегації мікромереж

За нормальних режимів розподільної електромережі, до якої приєднано мікромережі, керування процесами власного виробництва, зберігання та споживання електроенергії в кожній такій мікромережі координується з процесами споживання електроенергії з розподільної електромережі чи відпуску виробленої електроенергії в таку мережу. Відповідні керувальні дії мають визначатися внаслідок розв’язання оптимізаційної задачі, метою якої є забезпечення потреб споживача (споживач, зазвичай, є і власником мікромережі) в електроенергії з досягненням найбільшої економічної вигоди для нього на певному часовому інтервалі. Залежно від характеристик обладнання мікромережі та енергетичних ресурсів (далі ці речі поєднуватимемо, оскільки від характеристик установок збереження електроенергії, сонячних та вітрових електростанцій залежать і потенційні енергоресурси мікромережі) та потреб споживача в електроенергії економічна вигода може полягати як в отриманні підсумкового максимального прибутку, зумовленого відпуском електроенергії в розподільну мережу, так і в мінімальних сумарних економічних витратах, пов’язаних із забезпеченням власних потреб в електроенергії. Але за будь-яких умов, незалежно від характеристик обладнання мікромережі, споживач отримуватиме потрібні обсяги електроенергії, оскільки існує електричний зв’язок з розподільною мережею. Інша ситуація виникає, коли електропостачання від розподільної мережі

припиняється і мікромережа переходить в енергетично *острівний* режим, за якого доводиться розраховувати лише на власні енергоресурси. Оскільки обладнання різних мікромереж може суттєво відрізнятися за характеристиками, то і можливості забезпечення споживачів електроенергією в таких мікромережах теж будуть різними. Якщо розглядати сукупність мікромереж, що територіально розташовані, наприклад, в межах певного населеного пункту відповідної територіальної громади, то, не зважаючи на чинність закону [8], характеристики обладнання частини мікромереж не завжди відповідатимуть ступеню *важливості* для територіальної громади приєднаних до таких мікромереж споживачів електроенергії (тут і далі, відповідно до [8], ступінь *важливості* споживачів оцінюємо залежно від їхньої ролі в забезпеченні життєздатності територіальної громади за нормальних умов електропостачання). Причини зазначеної невідповідності можуть бути різними, до яких належать і різні форми власності, фінансові можливості та інвестиційні пріоритети власників мікромереж. У разі виникнення *острівного* режиму кожної з мікромереж, що мають значні енергетичні ресурси (відповідне обладнання), приєднані до них споживачі можуть мати довготривале електроживлення, хоча ступінь *важливості* таких споживачів (відповідних об'єктів) може бути невисоким чи взагалі нульовим, якщо такі об'єкти не мають прямого впливу на забезпечення життєздатності громади. І навпаки, окремі мікромережі, до яких приєднані споживачі з високим ступенем *важливості*, можуть мати відносно скромні енергетичні ресурси, тому виконання такими об'єктами своїх функцій у разі виникнення *острівного* режиму, очевидно, буде обмеженим, зокрема і за тривалістю.

З вищезазначеного випливає, що характеристики обладнання мікромереж з приєднаними споживачами з високим ступенем важливості, більшість яких може належати до об'єктів критичної інфраструктури певної територіальної громади, мали б відповідати вимозі довготривалого електроживлення таких споживачів. На практиці така вимога, на жаль, не завжди виконується. Тому, щоб принципово покращити ситуацію і підвищити енергетичну *резильєнтність* територіальної громади, пропонується агрегувати мікромережі та керувати використанням їхніх енергоресурсів для електроживлення споживачів відповідно до їхнього ступеня *важливості*. Вирішення усіх питань, пов'язаних з використанням в *острівному* режимі в інтересах територіальної громади енергоресурсів мікромереж окремих приватних власників, що живлять споживачів з невисоким ступенем *важливості*, очевидно, має завершуватися укладанням відповідних угод (договорів) між власниками таких мікромереж та органами місцевого самоврядування.

Особливості дворівневої архітектури DERMS

Стандарт IEEE [6] визначає певні «напрямні» розвитку систем управління розподіленими енергетичними ресурсами (DERMS), надаючи одночасно і необхідні ступені свободи для створення DERMS з урахуванням місцевих умов, обсягів фінансового забезпечення відповідних проєктів та перспектив подальшого розширення складу функцій.

Наразі використовується децентралізований підхід до використання мікромереж, за якого кожна мікромережа функціонує незалежно від інших, але він не дозволяє в *острівному* режимі реалізувати латентні потенційні можливості щодо підвищення енергетичної резильєнтності територіальної громади. Проте у разі централізованого координованого використання наявних в агрегованій мікромережі енергоресурсів зазначеного підвищення можна досягти, особливо з урахуванням того, що в Україні мікромережі в територіальних громадах досить неоднорідні як за структурою та характеристиками енергоресурсів, так і за характеристиками споживачів електроенергії.

Для перевірки запропонованого підходу до електрозабезпечення споживачів агрегованої мікромережі використано дворівневу ієрархічну архітектуру DERMS, функції кожного з рівнів якої орієнтовано на ситуаційно різні режимні умови. Дворівнева архітектура забезпечує необхідну гнучкість: вона дає змогу кожній мікромережі адаптуватися до конкретних локальних умов, водночас забезпечує інтеграцію ресурсів для підвищення енергетичної резильєнтності територіальної громади.

1-й рівень DERMS утворюють локальні засоби управління режимами функціонування кожної із мікромереж (тут і далі йдеться про мікромережі, що входять до складу агрегованої мікромережі) — використанням власних енергоресурсів, зберіганням та розподілом електроенергії між споживачами, споживанням електроенергії з розподільної електромережі чи відпуском-продажем електроенергії в мережу. Функції 1-го рівня — це функції локального управління, що стосуються нормального режиму (тобто за наявності електричного зв'язку з розподільною мережею) та стабілізації частоти і напруги інверторами мікромереж в початковий момент виникнення *острівного* режиму.

Мета функціонування засобів 1-го рівня — забезпечення усіх потреб споживачів в електроенергії

з отриманням максимальної власної економічної вигоди на певному часовому інтервалі власниками кожної із мікромереж.

Інформація про стан кожної мікромережі, зокрема, рівень заряду систем накопичення енергії та обсяги споживання електроенергії, передається на 2-й рівень DERMS для опрацювання в режимі готовності до виникнення острівного режиму.

2-й рівень DERMS утворюють засоби та відповідні функції централізованого управління агрегованою мікромережею в *острівному* режимі. У разі виникнення *острівного* режиму усі енергоресурси мікромереж «надходять в розпорядження» DERMS агрегованої мікромережі з метою забезпечення електроживлення споживачів, попередньо об'єднаних в кластери відповідно до їхнього ступеня *важливості* (споживачам електроенергії, що є об'єктами критичної інфраструктури, встановлюється найвищий ступінь *важливості*). Кластеризація за ступенем *важливості* споживачів електроенергії агрегованих мікромереж виконується на етапі підготовки даних.

В *острівному* режимі функціонування агрегованої мікромережі під управлінням DERMS передбачається дві постановки оптимізаційної задачі, що відрізняються метою управління енергоресурсами та електроспоживанням:

№ 1 — забезпечення максимально тривалого електроживлення споживачів — об'єктів критичної інфраструктури територіальної громади;

№ 2 — забезпечення електроживлення споживачів електроенергії відповідно до їхнього ступеня *важливості.*

У разі втрати зв'язку між другим рівнем DERMS та локальною мікромережею вона має продовжити функціонувати, враховуючи наявні власні ресурси.

Тут варто нагадати, що в *острівному* режимі метою використання «спільних» енергоресурсів агрегованих мікромереж є забезпечення електроживлення споживачів відповідно до їхніх ступенів *важливості* для забезпечення життєдіяльності територіальної громади, а не за фактом приєднання споживачів до мікромереж з такими енергоресурсами.

Основні результати досліджень

В середовищі MATLAB/Simulink з використанням реальних даних територіальної громади розроблено та налаштовано моделі двох мікромереж — складових агрегованої мікромережі.

Спочатку модель побудовано для однієї мікромережі, що знаходилася в акціонерній власності на території громади. Мікромережа містила потужну сонячну електростанцію, генерація якої в сонячні періоди значно перевищувала місцеве електроспоживання, оскільки виробництво продукції акціонерним товариством практично призупинено. В сусідній громаді теж була мікромережа, проте її енергоресурси не завжди покривали попит на електроенергію, хоча вже введено в експлуатацію вітрову електростанцію. Щоб позитивно вирішити питання електрозабезпечення споживачів в острівному режимі в інтересах обох громад ухвалено рішення про агрегацію цих мікромереж, але з попередньою перевіркою доцільності такої агрегації. Тому розроблено та налаштовано модель мікромережі сусідньої громади, після чого створили модель агрегованої мікромережі.

Блок-схему моделі агрегованої мікромережі показано на рис. 1.

Характеристики основних компонентів моделі агрегованої мікромережі: номінальні напруги електричної підстанції — 110/35/10 кВ; сумарна потужність SPP — 16 МВт; сумарна потужність WPP — 6 МВт; сумарні потужність та енергоємність BESS — 500 кВт та 1 МВт·год відповідно.

Споживачі електроенергії, залежно від їхнього ступеня *важливості*, згруповано в 4 кластери: кластер 1 — споживачі (об'єкти) критичної інфраструктури, що мають найвищий ступінь *важливості*; кластер 2 — споживачі критичної інфраструктури, що мають нижчий ступінь *важливості* ніж споживачі кластеру 1; кластер 3 — побутові споживачі; кластер 4 — інші споживачі, нечутливі до недовготривалих перерв в електрозабезпеченні.

З використанням розроблених моделей мікромереж виконано дослідження питань доцільності використання запропонованого підходу до управління процесами генерування та споживання електроенергії в таких агрегованих мікромережах для підвищення енергетичної резильєнтності територіальних громад.

Результати моделювання процесів електрозабезпечення споживачів отримано за двома типовими сценаріями моделювання: для зимового та літнього піків споживання у межах добового інтервалу (24 години).

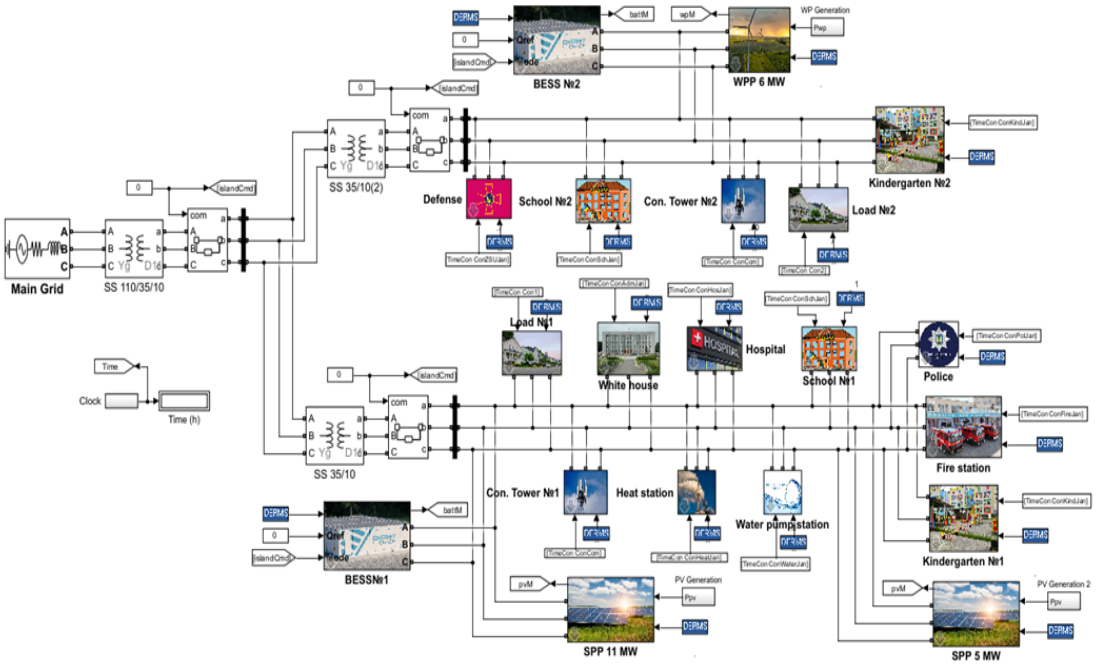

Рис. 1. Блок-схема моделі агрегованої мікромережі в середовищі MATLAB/Simulink: BESS — система зберігання електроенергії, SPP — сонячна електростанція, SS — трансформатор напруги, WPP — вітрова електростанція

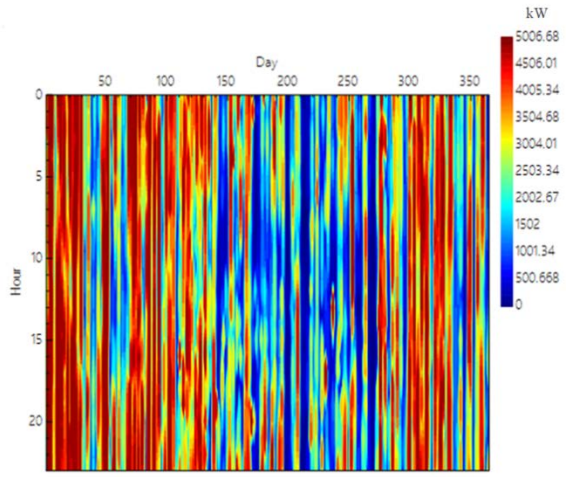

Рис. 2. Погодинна карта потужності WPP

Дані, що стосуються виробництва електроенергії сонячними та вітровими електростанціями, отримано з використанням програмних засобів SAM (System Advisor Model). Для SPP (11 МВт і 5 МВт) створено погодинні карти потужності, щоб відобразити мінливість сонячного ресурсу протягом вибраної доби року. Для WPP (6 МВт) аналогічно створено погодинну карту потужності, показану на рис. 2, де на осі ординат зазначено години доби, а вгорі на осі абсцис — дні року. Це дало змогу сформувати погодинні профілі генерування електричної енергії для вибраних днів. Щодо споживання, то модель включає агреговані профілі навантаження, які утворені профілями навантаження кожного із кластерів споживачів.

Системи зберігання електроенергії враховано під час моделювання з початковим станом заряду на рівні 70 % від номінального як для зимового, так і літнього сценаріїв.

Результати моделювання процесів електрозабезпечення споживачів агрегованої мікромережі в *острівному* режимі за зимовим сценарієм показано на рис. 3—5.

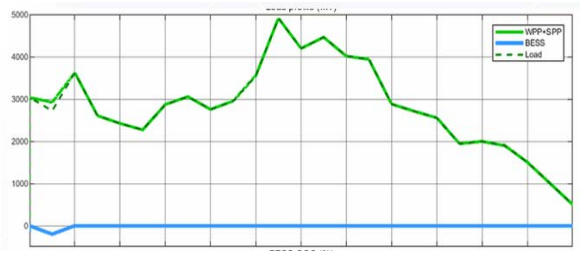

Рис. 3. Графіки споживання (штрихова) та генерації

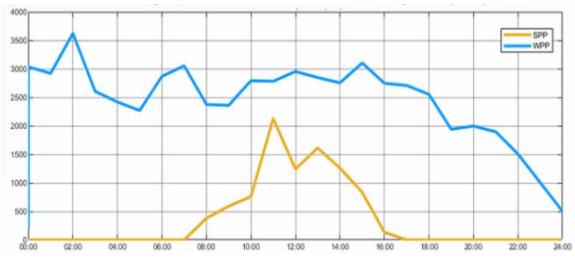

Рис. 4. Графіки генерації SPP (внизу) та розряджання BESS

Верхній графік на рис. 3 стосується сумарної генерації SPP та WPP і він, практично, покриває графік споживання, позначений штриховою лінією, за винятком перших двох годин, де генерування перевищує споживання, що «балансується» заряджанням в перші дві години BESS (нижній графік). З рис. 3 випливає, що BESS не бере участі в покритті графіка споживання. На рис. 4 показано

графіки генерації SPP та розряджання BESS за відсутності WPP для покриття графіка споживання. У цьому випадку основну роль відіграє BESS, оскільки генерації SPP недостатньо.

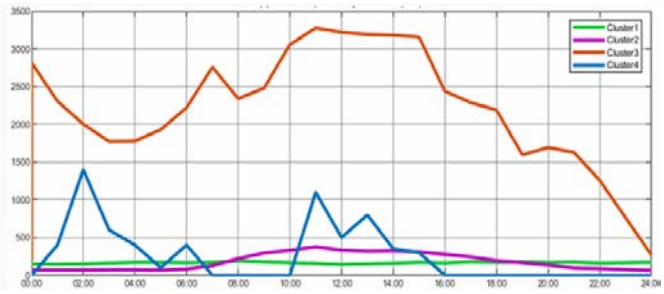

Рис. 5. Графіки споживання за кластерами (сценарій зими)

На рис. 5 показано сумарні графіки споживання кожним із чотирьох кластерів споживачів. Найбільшу частину електроенергії споживають побутові споживачі територіальних громад (кластер 3) — верхній графік.

У зимовий період вітрова генерація відігравала важливу роль, забезпечуючи покриття нічного навантаження за відсутності сонячної генерації.

Результати моделювання процесів електрозабезпечення споживачів агрегованої мікромережі в *острівному* режимі за літнім сценарієм показано на рис. 6—8.

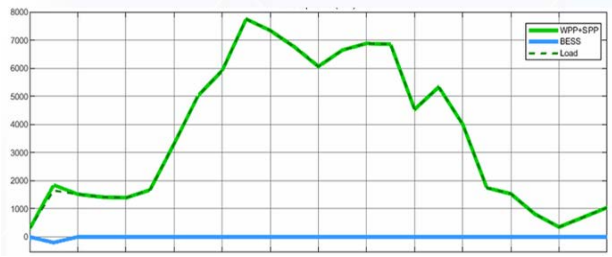

Рис. 6. Графіки споживання (штрихова) та генерації

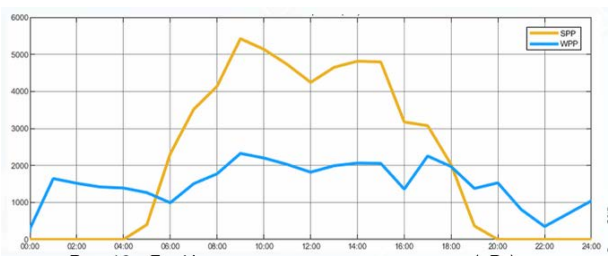

Рис. 7. Графіки генерації SPP (вищий) та BESS

Верхній графік на рис. 6 стосується сумарної генерації SPP та WPP, і як у випадку зимового сценарію (рис. 3), практично, покриває графік споживання. позначений штриховою лінією, а BESS не бере участі в покритті графіка споживання. На рис. 7 показано графіки генерації SPP та розряджання BESS за відсутності WPP для покриття графіка споживання. У цьому випадку основну роль відіграє SPP, але і BESS відіграє важливу роль в покритті графіка споживання.

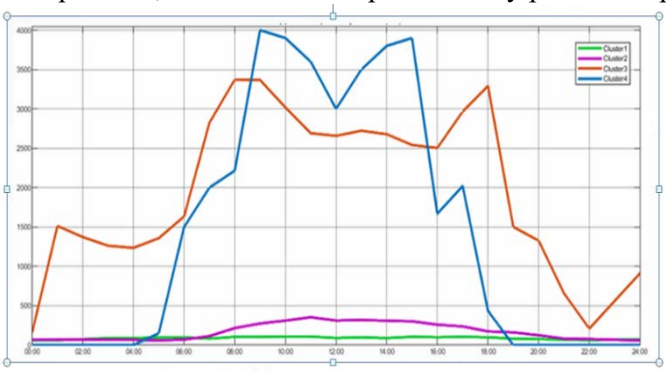

Рис. 8. Графіки споживання за кластерами

На рис. 8 показано сумарні графіки споживання за кластерами споживачів. Разом з побутовими споживачами (кластер 3) значну частину електроенергії споживають в агрегованій мікромережі за літнього сценарію споживачі кластеру 4.

В літній період переважає генерація SPP, що дає змогу забезпечити повне покриття потреб громади в денний час. Вітрова генерація в цей період забезпечує додаткову підтримку енергопостачання у вечірні та нічні години, формуючи рівномірніший профіль генерації.

Висновки

З використанням розроблених моделей мікромереж виконано дослідження і підтверджено доцільність агрегування мікромереж територіальних громад та використання в *острівному* режимі наявних в агрегованій мікромережі енергоресурсів для підвищення енергетичної резильєнтності територіальних громад.

Ефективнішою за наслідками може бути агрегація мікромереж, що відрізняються енергетичними ресурсами і тим самим доповнюють одна одну. Наприклад, одна мікромережа, з сонячною електростанцією, використовує велику кількість сонячної енергії вдень і влітку, тоді як інша мікромережа, з вітроелектростанцією, сприятиме виробленню електроенергії вночі та взимку. Взаємодоповнюючі сезонні та добові профілі сонячної та вітрової енергії підвищують резильєнтність таких агрегованих мікромереж. Агрегація мікромереж дає змогу ефективніше використовувати відновлювані енергоресурси.

Ефективне керування функціонуванням агрегованих мікромереж забезпечують DERMS, практична реалізація яких потребує використання не лише сучасних цифрових технології зв’язку та засобів автоматизації, а і Smart-технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] О. Б. Бурикін, Ю. В. Томашевський, Ю. В. Малогулко, і Н. В. Радзієвська, «Оптимальне керування відновлювальними джерелами електроенергії у локальних електричних системах,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 4, с. 69-74, 2016.

[2] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук, і І. В. Котилко, «Вплив розосередженого генерування на надійність роботи електричних мереж,» *Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія: Нові рішення в сучасних технологіях*, № 45, с. 25-31, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntuhpi_2018_45_6 .

[3] С. Л. Андрушко, і В. В. Кулик, «Автоматизація керування розосередженим генеруванням та навантаженням розподільчої мережі у разі відділення від енергосистеми,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 68-77, 2024. https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-177-6-68-77 .

[4] *IEC TR 62898-4 Technical report. Microgrids — Part 4: Use cases.* Edition 1.0 2023-04. 13 p. [Electronic resource]. Available: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/105009/45489d5552ab42e5a48337ef843fa803/IEC-TR-62898-4-2023.pdf .

[5] "IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers," in *IEEE Std 2030.7-2017*, pp.1-43, 23 April 2018. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.8340204 .

[6] "IEEE Guide for Distributed Energy Resources Management Systems (DERMS) Functional Specification," in *IEEE Std 2030.11-2021*, pp.1-61, 9 June 2021. [Electronic resource]. Available: https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2021.9447316 .

[7] S. A. Juma, S. P. Ayeng'o, and C. Z. M. Kimambo, "A review of control strategies for optimized microgrid operations," *IET Renewable Power Generation*, pp. 2785-2818, 2024. https://doi.org/10.1049/rpg2.13056 .

[8] *Про критичну інфраструктуру*, Закон України № 1882-IX від 16.11.2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text .

Рекомендована оргкомітетом міжнародної науково-технічної конференції
«Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ-2025)»

Стаття надійшла до редакції 20.01.2026

Буткевич Олександр Федотович — д-р техн. наук, професор, головний науковий співробітник відділу моделювання електроенергетичних об'єктів та систем Інституту електродинаміки Національної академії наук України; професор кафедри електричних мереж та систем НТУ "КПІ", e-mail: o.butkevych@gmail.com ;

Кравченко Анжеліка Русланівна — аспірантка, e-mail: anslobodyan@gmail.com

Інститут електродинаміки Національної академії наук України

O. F. Butkevych[1,2]
A. R. Kravchenko[1]

Situational Aspect of Power Supply Management in Aggregated Microgrids

[1]Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine;
[2]National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Meeting the electricity demands of various settlements under conditions of frequent power supply interruptions requires new approaches to organizing production and consumption management systems using microgrids. This paper considers an approach that addresses the urgent problem of power supply for local communities through the formation of aggregated microgrids and the management of electricity supply via Distributed Energy Resource Management Systems (DERMS). These systems aim to extend the duration of power supply to critical infrastructure objects of communities during the emergency disconnection of aggregated microgrids from the distribution network. This is achieved through the optimal management of generation, energy storage systems, and distribution among consumers according to established supply priorities.

This study utilizes a two-tier DERMS architecture that, depending on the status of the connection to the distribution grid (grid-connected or islanded mode), implements local control or coordination of energy production and consumption within the aggregated microgrids. The control problem is formulated as a multi-objective optimization task, with the highest priority being the long-term power supply for critical community infrastructure essential for its viability. Additional objectives concern the efficient use of energy resources, specifically the maximization of renewable energy source utilization. It is proposed that all electricity consumers be pre-grouped into clusters based on their supply priority and role in community life-support.

Two microgrid models, forming an aggregated microgrid, were developed and tuned in the MATLAB/Simulink environment using real-world data. The paper presents the performance evaluation results of the proposed approach by simulating the DERMS operation in islanded mode under winter and summer scenarios. The findings indicate that the proposed approach to power supply management in aggregated microgrids enhances the energy resilience of local communities and promotes more efficient use of energy resources.

Keywords: aggregated microgrid, islanded mode, Distributed Energy Resource Management Systems (DERMS), critical infrastructure objects, local community energy resilience, modeling

Butkevych Oleksandr F. — Dr Sc. (Eng.), Professor, Chief Researcher of the Department of Electrical Power Objects and Systems Modeling; Professor of the Chair of Electrical Networks and Systems, e-mail: o.butkevych@gmail.com ;

Kravchenko Anzhelika R. — Post-Graduate Student, e-mail: anslobodyan@gmail.com