



БЛІНОВ

Ігор Вікторович —

доктор технічних наук,
заступник директора з наукової
роботи Інституту
електродинаміки НАН України

РОЗВИТОК РОЗПОДІЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ МІКРОМЕРЕЖ

**За матеріалами доповіді на засіданні
Президії НАН України 5 березня 2025 року**

У доповіді наведено результати проведених в Інституті електродинаміки НАН України досліджень, спрямованих на розв'язання важливих науково-технічних проблем, пов'язаних з впровадженням мікромереж для підвищення ефективності функціонування та розвитку розподіленої енергетики в Україні в умовах воєнної агресії та в період повоєнного відновлення економіки України, розвитком сучасного нормативного забезпечення у сфері «розумних мереж», реалізацією пілотних проєктів із впровадження мікромереж з джерелами розподіленої генерації.

Доповідь присвячено розвитку в Україні розподіленої енергетики з використанням технологій мікромереж (microgrids). Цей напрям є сьогодні особливо актуальним як для балансування Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України в умовах її синхронної роботи з ENTSO-E та функціонування ринку електричної енергії України¹ [1], так і для забезпечення гарантованого електропостачання об'єктів критичної інфраструктури та населення під час їх відключень від систем розподілу електричної енергії.

Нині структура потужностей генерації електроенергії в Україні зазнає значних змін. Це пов'язано як з масштабними руйнуваннями електроенергетичної інфраструктури внаслідок ведення бойових дій, так і з помітним збільшенням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному енергетичному балансі ОЕС України, що зумовлює необхідність розвитку розподіленої енергетики через відповідну перебудову мережевої інфраструктури.

¹ Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

В електроенергетичну галузь України активно впроваджуються новітні технології, які істотно сприяють розвитку розподільних електричних мереж на новому, якісно вищому рівні їх функціонування. Застосовуються принципово нові підходи до процедур керування генерацією, передачею, розподілом та споживанням електроенергії, зокрема впроваджуються технології «розумних мереж» (Smart Grid)².

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.07.2024 № 713-р схвалено Стратегію розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затверджено операційний план заходів з її реалізації у 2024—2026 роках. Основною метою цієї стратегії є посилення стійкості ОЕС України в умовах широкомасштабної воєнної агресії, поповнення нестачі генеруючих потужностей, виконання вимог щодо безпеки постачання електричної енергії споживачам та операційної безпеки завдяки створенню сприятливих умов для забезпечення розвитку розподіленої генерації.

Вирішення певної частини завдань, поставлених урядом України в цій сфері, полягає в застосуванні комбінованого підходу, який передбачає можливість переведення (за необхідності) частини мережі в ізолюваний (острівний) режим роботи навколо розподіленої генерації, з автоматичним підтриманням основних параметрів мережі.

Ще у 2022 р. Уряд схвалив Концепцію впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року³ та затвердив деталізований план заходів з її реалізації. Важливим аспектом розвитку «розумних мереж» є формування відповідних умов, стимулів, мотивацій, попиту та потреб побудови й експлуатації мікромереж, що є основою для впровадження пілотних проєктів із застосуванням цієї технології для різних типів користувачів із залученням органів місцевого самоврядування та операторів систем розподілу.

² IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap.

³ Концепція впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.10.2022 № 908-р.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/908-2022-%D1%80#Text>

Указ Президента України № 737/2023 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 7 листопада 2023 року «Щодо додаткових заходів із посилення стійкості функціонування енергетичної системи та підготовки національної економіки до роботи в осінньо-зимовий період 2023/24 року» передбачав термінове проведення аналізу чинних законодавчих актів з метою внесення в них відповідних змін, необхідних для створення та функціонування в громадах мікромереж, що стало передумовою прийняття в Україні відповідних міжнародних стандартів.

У 2024 р. було внесено зміни в Закон України № 2019-VIII «Про ринок електричної енергії» в частині означення сутності мікромереж. Так, поняттям «*мікромережа*» означено групу взаємопов'язаних навантажень і розподіленої генерації з визначеними електричними межами, що утворюють локальну електроенергетичну систему на рівні системи розподілу електричної енергії, яка діє як єдиний керований об'єкт і здатна працювати паралельно з Об'єднаною енергетичною системою України або в острівному (ізолюваному) режимі мікромережі. Визначено також, що *користувач мікромережі* — це фізична та/або юридична особа, яка відпускає (постачає) електричну енергію або отримує електричну енергію через мікромережу. А в Законі України «Про енергетичну ефективність»⁴ було додано поняття «*система енергетичного менеджменту мікромережі*» — система забезпечення функціонування та керування навантаженнями і розподіленою генерацією мікромережі.

З метою реалізації зазначених законодавчих змін Міністерство енергетики України минулого року розробило План заходів щодо впровадження сучасних європейських і міжнародних стандартів у сфері розвитку «розумних мереж» до 2035 р., в якому, крім прийняття відповідної дорожньої карти з впровадження технологій «розумних мереж», зроблено акцент на важли-

⁴ Закон України «Про енергетичну ефективність» від 15.11.2024 № 1818-IX.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>

вості імплементації міжнародних стандартів у сфері мікромереж.

У цьому контексті слід відзначити багаторічну роботу Технічного комітету стандартизації № 162 «Керування енергетичними системами та пов'язані з ним процеси інформаційної взаємодії», базовою організацією якого є Інститут електродинаміки НАН України. За останні десятиліття зусиллями цього комітету було забезпечено впровадження 80 % базових та особливо важливих стандартів у сфері «розумних мереж» [2].

Зокрема, на замовлення Міністерства енергетики України Інститут електродинаміки НАН України і Технічний комітет стандартизації № 162 розробили проекти національних нормативних документів у сфері мікромереж на основі відповідних міжнародних стандартів щодо технічних вимог та вимог до експлуатації мікромереж, систем енергоменеджменту, моніторингу та керування мікромережами, саморегулювання навантажень у них, а саме:

- IEC TS 62898-2:2018+AMD 1:2023 Microgrids. Part 2: Guidelines for operation (Мікромережі. Ч. 2: Інструкції з експлуатації);

- IEC TS 62898-3-1:2020+AMD 1:2023 Microgrids. Part 3-1: Technical requirements. Protection and dynamic control (Мікромережі. Ч. 3-1. Технічні вимоги. Захист і динамічний контроль);

- IEC TS 62898-3-2:2024 Microgrids. Part 3-2: Technical requirements. Energy management systems (Мікромережі. Ч. 3-2. Технічні вимоги. Системи енергоменеджменту);

- IEC TS 62898-3-3:2023 Microgrids. Part 3-3: Technical requirements. Self-regulation of dispatchable loads (Мікромережі. Ч. 3-3. Технічні вимоги. Саморегулювання диспетчеризованих навантажень);

- IEC TS 62898-3-4:2023 Microgrids. Part 3-4: Technical requirements. Microgrid monitoring and control systems (Мікромережі. Ч. 3-4. Технічні вимоги. Системи моніторингу та керування мікромережами).

Крім того, Технічний комітет стандартизації № 162 виконав роботи з розроблення і прийняття двох стандартів у сфері мікромереж на замовлення НЕК «Укренерго»:

- IEC TS 62898-1:2017+AMD 1:2023 Microgrids. Part 1: Guidelines for microgrid projects planning and specification (Мікромережі. Ч. 1: Рекомендації щодо планування та специфікації проєктів мікромереж);

- IEC TS 62898-4:2023 Microgrids. Part 4: Use cases (Мікромережі. Ч. 4: Варіанти використання).

Згідно з міжнародними стандартами, основними структурами та сценаріями використання мікромереж є такі [3]:

- мікромережі, структура яких спрямована на підвищення надійності та забезпечення безперервності енергопостачання приєднаного навантаження або його частини з можливістю роботи в острівному режимі; у цьому випадку мікромережа може бути, наприклад, частиною системи розподілу, що обслуговує широке коло споживачів, або мікромережею окремого об'єкта, наприклад державної установи або підприємства, військової бази, лікарні тощо;

- мікромережі, структура яких спрямована на зниження витрат у разі забезпечення електроенергією віддалених районів; наприклад, ізольовані мікромережі для електропостачання об'єктів у сільській місцевості;

- мікромережі, структура яких спрямована на зниження витрат на закупівлю електроенергії для користувачів завдяки оптимальному використанню власних активів (ВДЕ, установки зберігання енергії, диспетчеризоване навантаження, генератори тощо);

- мікромережі, структура яких спрямована на забезпечення стійкості системи електропостачання до стихійних лих або пошкоджень енергетичної інфраструктури завдяки оптимальному використанню власних активів; мікромережі такого типу доцільно будувати в районах, де часто спостерігаються особливі умови роботи, що може істотно впливати на якість електропостачання, або в разі необхідності підвищення показників надійності електропостачання для об'єктів критичної інфраструктури.

До основних режимів роботи мікромереж належать такі⁵ [3]:

⁵ IEC TS 62898-1:2017+AMD 1:2023 Microgrids — Part 1: Guidelines for microgrid projects planning and specification. 2023.

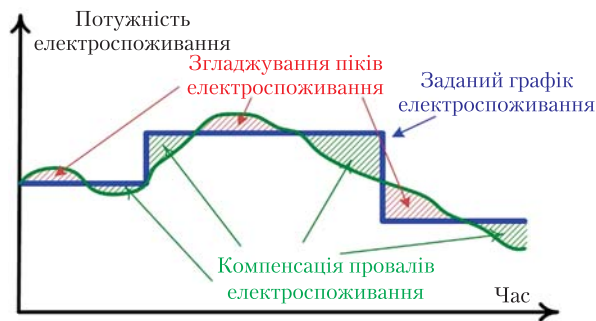


Рис. 1. Основні функції системи енергетичного менеджменту з дотримання заданого графіка електроспоживання

1) режим паралельної роботи із зовнішньою мережею електропостачання (системою розподілу);

2) острівний режим із живленням від власних джерел енергії.

При цьому мікромережі мають три основні рівні керування. На первинному рівні здійснюється перехід до ізолюваного режиму роботи, регулювання графіку споживання електричної енергії, відпуску електричної енергії з ВДЕ; другий рівень стосується регулювання режимів мережі за частотою та напругою з використанням наявного генеруючого обладнання, а третій рівень пов'язаний із безпосереднім контролем режимів мікромереж як складових системи розподілу та з оптимізацією використання мікромереж для надання відповідних допоміжних послуг операторам систем розподілу.

Основою забезпечення функціонування мікромережі є *система енергетичного менеджменту* (СЕМ) [4], реалізована на базі сучасних мікроконтролерів та систем інформаційного обміну.

Функції планування роботи мікромереж стосуються таких завдань, як формування оптимальних графіків функціонування мікромереж на певний заданий період (доба, місяць, рік) і ситуативне коригування графіків на основі відповідного моніторингу відхилень фактичних характеристик від запланованих значень. Таке коригування для реалізації планових режимів здійснюють за допомогою команд керування СЕМ.

Дотримання заданого графіка електроспоживання визначає дві основні функції СЕМ (рис. 1):

1) згладжування піків електроспоживання, якщо обсяг фактичного електроспоживання є більшим за плановий;

2) компенсація провалів електроспоживання, якщо обсяг фактичного електроспоживання є меншим від планового.

Функції реалізації графіків роботи обладнання розподіленої енергетики в таких мікромережах наведено на рис. 2. Для регульованої локальної генерації, наприклад дизель-генераторів, на етапі планування формують оптимальний графік завантаження зважаючи на обсяг наявних енергетичних ресурсів (рис. 2а). За потреби обсяг наявних (накопичених) енергоресурсів коригується як критерій досягнення заданої цілі або визначається розв'язанням окремої задачі оптимізації.

Для нерегульованих джерел енергії, насамперед ВДЕ, реалізують контроль профіциту генерації, принаймні тоді, коли надлишок згенерованої електричної енергії не можна відпускати в мережу (рис. 2б). Задача контролю за профіцитом генерації ВДЕ ставиться у таких основних випадках: за умови використання ВДЕ виключно для покриття власних потреб електроспоживання і якщо не допускається відпуск електричної енергії в систему розподілу, СЕМ здійснює контроль балансів електричної потужності на підприємстві і, за потреби, обмежує обсяги генерації ВДЕ; за умови функціонування мікромережі в ізолюваному режимі задача недопущення профіциту генерації ВДЕ набуває обов'язкового характеру; обмеження генерації ВДЕ можуть також зумовлюватися особливостями режимів функціонування мікромережі. За наявності можливості здійснення продажу електроенергії на етапі планування формуються оптимальні графіки функціонування мікромережі загалом та установок генерації електроенергії зокрема. Функції СЕМ визначаються задачею контролю потужностей власної генерації підприємства для забезпечення планових балансів електроенергії.

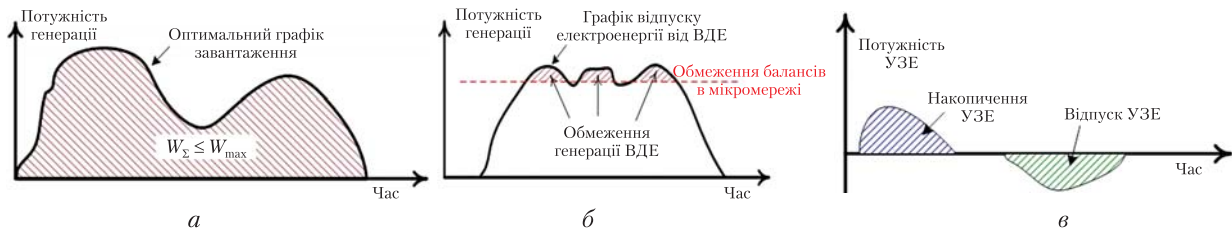


Рис. 2. Функції реалізації графіків роботи обладнання розподіленої генерації в мікромережах: а — для регулювання локальної генерації; б — для ВДЕ; в — керування режимами установок зберігання енергії

Важливим елементом функціонування мікромереж є установки зберігання електроенергії (УЗЕ), здатні компенсувати відхилення від заданого графіку (рис. 2в). Якщо на етапі планування режимів роботи мікромережі формується оптимальний графік УЗЕ, то функції СЕМ зводяться до надсилання команд реалізації планового графіка. В разі використання УЗЕ для балансування режимів мікромережі (наприклад, в умовах ізолюваної роботи) на етапі планування для СЕМ формуються функції керування УЗЕ залежно від контрольованих параметрів режиму мікромережі. В разі використання правил керування режимами УЗЕ особливо важливими стають функції моніторингу відхилень фактичних характеристик від планових.

Особливості функціонування УЗЕ визначаються її призначенням у мікромережі. Найбільш поширеними завданнями, що покладаються на УЗЕ, є такі:

- утримання резерву енергії для живлення критичного навантаження в ізолюваному режимі функціонування мікромережі;
- оптимізація графіка електроспоживання мікромережі з метою мінімізації вартості закупівлі електроенергії у постачальника електричної енергії;
- компенсація відхилень від заданого графіка балансів електроенергії в мікромережі (рис. 2).

Ключовим елементом функціонування мікромереж і, відповідно, СЕМ є прогнозування відпуску електричної енергії з ВДЕ [5] та споживання електричної енергії.

Важливою складовою подальшого розвитку і використання мікромереж є надання допоміжних послуг операторам систем розподілу,

зокрема послуг з регулювання напруги та реактивної потужності в нормальних умовах експлуатації з використанням обладнання ВДЕ [6–8], регулювання напруги та реактивної потужності для підтримання належних параметрів якості електричної енергії в мікромережах за умови їх ізолюваної роботи.

Основні цілі планування функцій мікромереж є такими:

- в разі ізолюваного режиму роботи — дотримання планових обсягів електроспоживання з метою забезпечення електроенергією критичних споживачів на заданий період часу $h = [1, \dots, n]$:

$$\text{Min} \left(\sum_{h=1}^n |W_h^{\text{факт}} - W_h^{\text{план}}| \right),$$

де $W_h^{\text{факт}}$ — фактичний обсяг електроспоживання у годину h ; $W_h^{\text{план}}$ — плановий обсяг електроспоживання у годину h ;

- в умовах живлення від системи розподілу — дотримання заданих оператором системи розподілу обмежень обсягів електроспоживання:

$$W_h^{\text{обм}} \geq W_h^{\text{факт}} \quad \forall h = [1..n],$$

де $W_h^{\text{факт}}$ — фактичний обсяг електроспоживання у годину h ; $W_h^{\text{обм}}$ — задане обмеження обсягів електроспоживання у годину h . Основна мета планування графіків функціонування мікромережі полягає в мінімізації втрат споживача, пов'язаних з обмеженням в обсягах електроспоживання:

$$\text{Min} \left(\sum_{h=1}^n (A_h^{\text{випр}}) \right),$$

де $A_h^{\text{випр}}$ — втрати споживача, пов'язані з обмеженням в обсягах електроспоживання в годину h ;

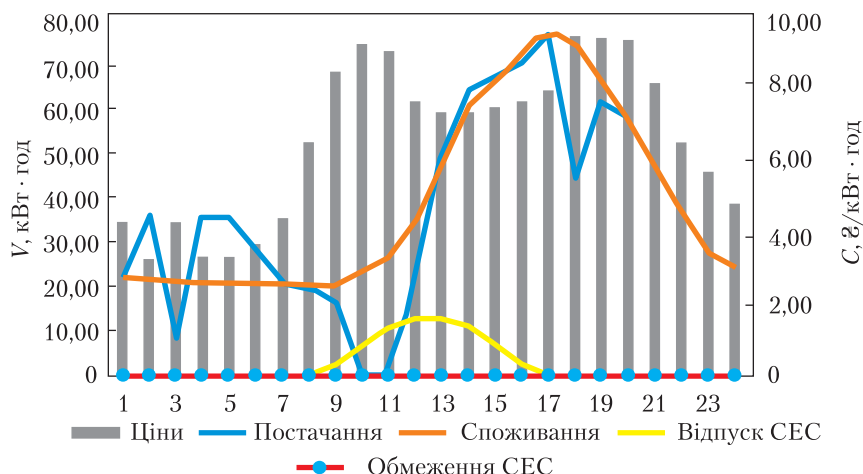


Рис. 3. Приклад формування оптимальних графіків функціонування мікромережі на розрахункову добу

• за відсутності обмежень на обсяги електроспоживання для споживача основна мета — це зменшення витрат на закупівлю електроенергії в постачальника з урахуванням витрат, пов'язаних із реалізацією функцій керування мікромережею:

$$\text{Min} \left(\sum_{h=1}^n (C_h^{\text{пост}} \cdot W_h^{\text{підпр}} + A_h^{\text{план}}) \right),$$

де $C_h^{\text{пост}}$ — встановлена електропостачальником ціна електроенергії, яку споживач споживає в годину h ; $W_h^{\text{підпр}}$ — обсяг електроспоживання в годину h ; $A_h^{\text{план}}$ — втрати споживача, пов'язані з функціями управління мікромережею в годину h .

Розвиток мікромереж в Україні узгоджується із загальнодержавною стратегією *цифрової трансформації* (digital transformation) електроенергетики України [9]. Цифрова трансформація зумовлює змінення звичних бізнес-моделей завдяки впровадженню цифрових технологій, а також появу нових можливостей щодо отримання доданої вартості як у новостворених, так і в уже наявних сегментах ринку електроенергії чи послуг. Тобто цифрова трансформація передбачає прискорене впровадження нових бізнес-стратегій з використанням цифрових технологій.

Вирішення організаційних та операційних питань, пов'язаних із досягненням поставлених цілей, значною мірою залежить від наявності відповідної нормативно-правової бази, зокрема від законодавчо визначених можли-

востей власника мікромережі бути не лише виключно споживачем, а й одночасно споживачем та виробником електричної енергії.

Для України характерною є ситуація, коли власник (або оператор) мікромережі не може відпускати в загальну систему розподілу вироблену ним електричну енергію з ВДЕ. Тоді графік сумарного навантаження мікромережі в кожну годину доби відображає лише споживання (або нульове споживання) електричної енергії з системи розподілу. Зменшення витрат у цьому разі можливе тільки завдяки керуванню графіком споживання та генерування електроенергії з урахуванням погодинних цін на оптовому ринку, платежів за передачу та розподіл електричної енергії, а також додаткових платежів постачальнику на роздрібному ринку [10]. Реалізують таке керування за допомогою СЕМ-мікромереж, які можуть ефективно розв'язувати відповідну оптимізаційну задачу.

Приклад розв'язання задачі планування погодинних балансів електроенергії в мікромережі для ретроспективних даних за 21 червня 2023 р. наведено на рис. 3 [11]. Для побудови планового балансу в мікромережі використано ретроспективну інформацію про добові графіки електроспоживання підприємств, статистичні дані щодо відпуску електричної енергії з ВДЕ, а також оприлюднені на офіційному сайті ДП «Оператор ринку» погодинні ціни електричної енергії на ринку «на добу наперед».

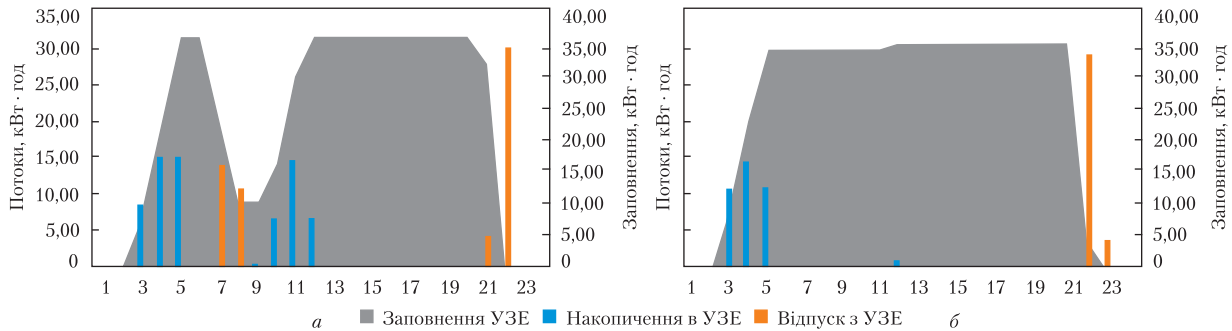


Рис. 4. Графіки функціонування установок зберігання електроенергії (УЗЕ) станом на 27.07.2023: *а* — без обмеження мінімальної вигоди від використання ресурсів УЗЕ; *б* — з обмеженням мінімальної вигоди від використання ресурсів УЗЕ

Задача оптимізації графіка електроспоживання мікромережі полягає у формуванні такого графіка заряду/розряду УЗЕ, за якого мінімізується вартість закупівлі електроенергії в електропостачальника. Наведемо приклад оптимізації режимів функціонування УЗЕ, застосування яких забезпечує оптимізацію роботи всього графіку мікромережі. Так, у статті [11] було показано, що навіть у цінах 2023 р. були дні, коли використання УЗЕ ставало економічно доцільним. У 2024 р. таких днів стало більше, зокрема через підвищення цін на електричну енергію. Відповідно, у 2025 р. цей тренд зберігатиметься. Така ситуація зумовлює необхідність врахування економічних критеріїв, які визначають відповідні проміжки часу, коли доцільно використовувати УЗЕ.

На рис. 4 наведено графіки роботи УЗЕ без обмеження мінімальної вигоди від використання її ресурсу та з обмеженням мінімальної вигоди. Як можна бачити, заряджання УЗЕ відбувається в години, коли ціна на електричну енергію мінімальна, а її розряджання — в години з максимальною ціною на ринку.

Важливим напрямом розвитку СЕМ-мікромереж є застосування контролерів з використанням на їх основі моделей штучного інтелекту. Як приклад можна навести систему керування роботою мікромереж, яку розробляє Інститут електродинаміки НАН України, виконуючи проєкт «ОММ-Україна: оптимізоване управління мікромережею в Україні» в межах програми «Інноваційна Україна» (Innovate

Ukraine), що фінансується Урядом Сполученого Королівства Великої Британії та Північної Ірландії через Міністерство закордонних справ, у справах Співдружності та розвитку (Foreign, Commonwealth and Development Office — FCDO).

У 2024 р. в Інституті електродинаміки НАН України в рамках проєкту було побудовано дахову сонячну електростанцію, встановлено сучасні гібридні інвертори (рис. 5), «розумні» лічильники електроенергії. Розпочалося тестування функцій забезпечення живлення критичного навантаження в ізольованому від системи розподілу режимі. Тривають роботи з побудови системи керування роботою мікромережі на базі мікроконтролера зі штучним інтелектом.

Розроблення відповідних СЕМ дозволить ефективніше використовувати наявне в українських споживачів електричної енергії обладнання для вирішення таких завдань:

- 1) забезпечення надійного живлення критичного навантаження;
- 2) зниження витрат на закупівлю електроенергії завдяки корегуванню графіків електроспоживання та функціонування установок розподіленої генерації відповідно до динаміки цін на ринку;
- 3) надання операторам мереж розподілу послуг з регулювання напруги, компенсації реактивної потужності, обмеження споживання активної потужності та аварійного відновлення.



а



б

Рис. 5. Дахова сонячна електростанція (а), побудована на базі Інституту електродинаміки НАН України в рамках реалізації пілотного проекту з розроблення та впровадження мікромережі, та встановлене обладнання (б)

Отже, розвиток науково-технічних основ, розроблення заходів і створення засобів для забезпечення ефективного функціонування й розвитку розподіленої енергетики в Україні, а також децентралізація і структурна перебудова ОЕС України є основою створення умов для надійного та економічно ефективного електропостачання споживачів, зокрема гарантованого електропостачання об'єктів критичної інфраструктури.

Вирішення цих завдань частково ґрунтується на використанні технологій мікромереж з виділенням частини електричних мереж із критичним навантаженням та джерелами розподіленої генерації в організований енергетичний острів з автоматичним підтриманням основних робочих параметрів мережі.

Застосування технологій мікромереж сприяє підвищенню ефективності та стійкості системи енергопостачання, дає можливість локального контролю за рівнями відпуску і споживання електричної енергії, що дозволяє оптимізувати роботу розподілених енергоресурсів та знизити витрати на закупівлю електроенергії для споживачів.

Прийняття міжнародних стандартів у сфері мікромереж як національних стандартів України та їх дотримання в подальшому забезпечить підготовку необхідної нормативної бази, визначить вимоги до загальних параметрів мікромереж, складу систем керування ними, основних напрямів їх використання.

Впровадження технологій мікромереж в Україні передбачає розв'язання цілої низки теоретичних та науково-практичних задач, пов'язаних із розробленням моделей розрахунків режимів роботи мікромереж різних класів напруги, моделей функціонування обладнання у складі мікромереж, моделей для аналізу впливу режимів роботи мікромереж на параметри якості електричної енергії, моделей оптимізації функціонування мікромереж у різних режимах їх роботи. Отримані результати становлять підґрунтя для планування та реалізації пілотних проектів із впровадження мікромереж в Україні, а також сприятимуть розвитку відповідної нормативної та регуляторної бази.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Kyrylenko O.V., Pavlovsky V.V., Blinov I.V. Scientific and technical support for organizing the work of the IPS of Ukraine in synchronous mode with the European continental energy system ENTSO-E. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2022. (5): 59—66. <https://doi.org/10.15407/techned2022.05.059>
[Кириленко О., Павловський В., Блінов І. Науково-технічне забезпечення організації роботи ОЕС України в синхронному режимі з європейською континентальною енергетичною системою ENTSO-E. *Технічна електродинаміка*. 2022. № 5. С. 59—66.]
2. Kyrylenko O., Blinov I., Zaitsev Ye., Palachov S., Vasylichenko V. International and European standards implementation for uses of Smart Grid concept in IPS of Ukraine. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy*. 2022. **63**: 5—12. <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005>
[Кириленко О.В., Блінов І.В., Зайцев Є.О., Палачов С.О., Васильченко В.І. Впровадження міжнародних та європейських стандартів для розвитку ОЕС України згідно з концепцією Smart Grid. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2022. № 63. С. 5—12.]
3. Blinov I.V., Palachov S.O., Parus Ye.V., Klymenko O.H. Use cases of microgrids according to international standards. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy*. 2025. **70**: 14—25. <https://doi.org/10.15407/publishing2025.70.014>
[Блінов І.В., Палачов С.О., Парус Є.В., Клименко О.Г. Сценарії використання мікромереж згідно з міжнародними стандартами. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2025. № 70. С. 14—25.]
4. Kyrylenko O., Denysiuk S., Blinov I. Energy management: new priorities of the 21st century. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2024. (1): 7—27. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2024.297508>
[Кириленко О.В., Денисюк С.П., Блінов І.В. Енергетичний менеджмент: нові пріоритети ХХІ століття. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2024. № 1. С. 7—27.]
5. Loskutov S., Miroshnyk V., Blinov I. Comparison of widely-used models for multifactorial short-term photovoltaic generation forecast. In: 2022 *IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2022*. P. 123—126. <https://doi.org/10.1109/ESS57819.2022.9969270>
6. Blinov I., Trach I., Parus Y., Khomenko V., Kuchanskyy V., Shkarupylo V. Evaluation of The Efficiency of The Use of Electricity Storage Systems in The Balancing Group and The Small Distribution System. In: 2021 *IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. P. 262—265. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569981>
7. Kyrylenko O., Blinov I., Parus E., Trach I. Evaluation of efficiency of use of energy storage system in electric networks. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2021. (4): 44—54. <https://doi.org/10.15407/techned2021.04.044>
[Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В., Трач І.В. Оцінка ефективності використання систем накопичення електроенергії в електричних мережах. *Технічна електродинаміка*. 2021. № 4. С. 44—54.]
8. Blinov I., Trach I., Parus E., Derevianko D., Khomenko V. Voltage and reactive power regulation in distribution networks by the means of distributed renewable energy sources. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2022. (2): 60—69. <https://doi.org/10.15407/techned2022.02.060>
[Блінов І.В., Трач І.В., Парус Є.В., Дерев'янка Д.Г., Хоменко В.М. Регулювання напруги та реактивної потужності в розподільних електричних мережах шляхом використання розосереджених відновлюваних джерел енергії. *Технічна електродинаміка*. 2022. № 2. С. 60—69.]
9. Kyrylenko O., Denysiuk S., Blinov I. Digital transformation of the energy industry: current trends and task. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy*. 2023. **65**: 5—14. <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.005>
[Кириленко О.В., Денисюк С.П., Блінов І.В. Цифрова трансформація енергетики: сучасні тенденції та завдання. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2023. № 65. С. 5—14.]
10. Blinov I., Parus E., Miroshnyk V., Shymaniuk P., Sychova V. Model of evaluation the feasibility of industrial customers to hourly accounting of retail electricity market. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2021. (1): 88—97. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2021.242186>
[Блінов І.В., Парус Є.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В., Сичова В.В. Модель оцінки доцільності переходу промислових споживачів до погодинного обліку електричної енергії на роздрібному ринку. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. № 1. С. 88—97.]
11. Blinov I.V., Parus Ye.V., Shymaniuk P.V., Vorushylo A.O. Optimization model of microgrid functioning with solar power plant and energy storage system. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2024. (5): 69—78. <https://doi.org/10.15407/techned2024.05.069>
[Блінов І.В., Парус Є.В., Шиманюк П.В., Ворушило А.О. Модель оптимізації функціонування мікромережі з СЕС та установкою зберігання енергії. *Технічна електродинаміка*. 2024. № 5. С. 69—78.]

Ihor V. Blinov

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8010-5301>

DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED ENERGY IN UKRAINE USING MICROGRID TECHNOLOGIES

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, March 5, 2025

The report presents the results of research conducted at the Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine and aimed at solving important scientific and technical problems related to the implementation of microgrids to increase the efficiency of the functioning and development of distributed energy in Ukraine in the conditions of military aggression and post-war recovery of the Ukrainian economy, the development of modern regulatory framework in the field of “smart grids”, and the implementation of pilot projects on the implementation of microgrids with distributed generation sources.

Cite this article: Blinov I.V. Development of distributed energy in Ukraine using microgrid technologies (according to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, March 5, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (5): 35—44. <https://doi.org/10.15407/visn2025.05.035>