УДК 621.311 DOI: https://doi.org/10.15407/techned2026.04.051

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ПОТУЖНИХ МІКРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

А.А.Щерба[1*], академік НАН України, **О.Д. Подольцев**[1**], докт. техн. наук,
Н.І. Супруновська[1***], докт. техн. наук, **Р.В. Білянін**[2****], канд. техн. наук,
Т.Ю. Антонець[2*****], канд. техн. наук
[1] **Інститут електродинаміки НАН України,**
пр. Берестейський, 56, Київ, 03057, Україна, **e-mail: podol@ied.org.ua.**
[2] **ПАТ «Завод «Південкабель»,**
вул. Автогенна, 7, Харків, 61099, Україна.

Проведено дослідження напрямів розвитку потужних мікромереж, здатних забезпечити безперебійну роботу критичного електротехнологічного обладнання промислових підприємств України за нестабільних режимах зовнішнього електропостачання. Обґрунтовано удосконалення таких мікромереж на основі використання автономних розподілених джерел електроенергії та сучасних технологій накопичення, збереження і перетворення параметрів електроенергії та інтеграції методів штучного інтелекту й енергоменеджменту. Визначено ключову роль використання потужних мікромереж задля забезпечення гарантованого електроживлення критичних енергоспоживачів промислових підприємств під час тривалих відключень і нестабільних режимів зовнішнього електропостачання. Обґрунтовано, що інтеграція на промислових підприємствах потужних мікромереж, сучасних технологій "розумних" механізмів і гібридних енергосистем підвищує енергоефективність всіх електроенергетичних, технологічних і організаційних процесів та їхню стійкість до тривалих відключень і нестабільностей зовнішнього електропостачання. Впровадження потужних мікромереж на промислових підприємствах України підвищує енергоефективність всіх електротехнологій зі створення критично важливої продукції та спрощує досягнення цілей сталого розвитку. Бібл. 19, рис. 1.

Ключові слова: зовнішня макромережа, промислове підприємство, критичні енергоспоживачі, нестабільність електроживлення, електротехнологія, якість електроенергії, потужна мікромережа, автономні джерела електроенергії, накопичувачі енергії, безперебійність, енергоефективність.

Вступ. Інтенсивні воєнні дії на території України викликають значну нестабільність режимів електропостачання від зовнішніх централізованих електромереж як населених територій, так і промислових підприємств (в будь-який час електропостачання може раптово зникнути або суттєво змінити свої основні характеристики). Проте для отримання високої якості та економічної доцільності виготовлення багатьох видів високотехнологічної продукції електроенергетичного і спеціального призначення необхідно використовувати безперервне і високоякісне електроживлення критично важливих енергоспоживачів протягом декількох діб і навіть тижнів. Забезпечувати на даний час таке стабільне електроживлення в Україні від зовнішніх систем електропостачання просто неможливо.

В той же час у нашій країні інтенсивно розробляються, створюються і використовуються локальні електроенергосистеми з розподіленою генерацією, які мають власні автономні джерела електроенергії, які під час відключення зовнішньої централізованої мікромережі можуть забезпечувати режими автономного електроживлення різних енергоспоживачів незначної потужності (зазвичай одиниці – десятки кіловат) [1–3]. Проте такі мікромережі не здатні забезпечувати тривале високоякісне електроживлення критично важливих енергоспоживачів потужністю в сотні-тисячі кіловат.

Метою даної роботи є наукові й практичні дослідження, спрямовані на визначення напрямів розвитку і практичної реалізації потужних мікромереж задля забезпечення гарантованого високоякісного електроживлення критичних енергоспоживачів промислових підприємств України, які виробляють в даний час критично важливу електроенергетичну і технологічну продукцію.

Ключовою відмінністю досліджуваних потужних мікромереж від відомих малопотужних є безперервне забезпечення гарантованого електроживлення всіх критичних енергоспоживачів промислово-

© Щерба А.А., Подольцев О.Д., Супруновська Н.І., Білянін Р.В., Антонець Т.Ю., 2026
ORCID: * https://orcid.org/0000-0002-0200-369X; ** https://orcid.org/0000-0002-9029-9397;
*** https://orcid.org/0000-0001-7499-9142; **** https://orcid.org/0000-0003-3781-6233;
***** https://orcid.org/0009-0007-2388-2252
© Видавець ВД «Академперіодика», НАН України, 2026
Це стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.uk

го підприємства задля реалізації в них безперервних і високоякісних електроенергетичних режимів, які є ключовими для виробництва критично важливої електротехнологічної продукції незалежно від нестабільності режимів і навіть тривалого відключення зовнішнього електропостачання як в [4].

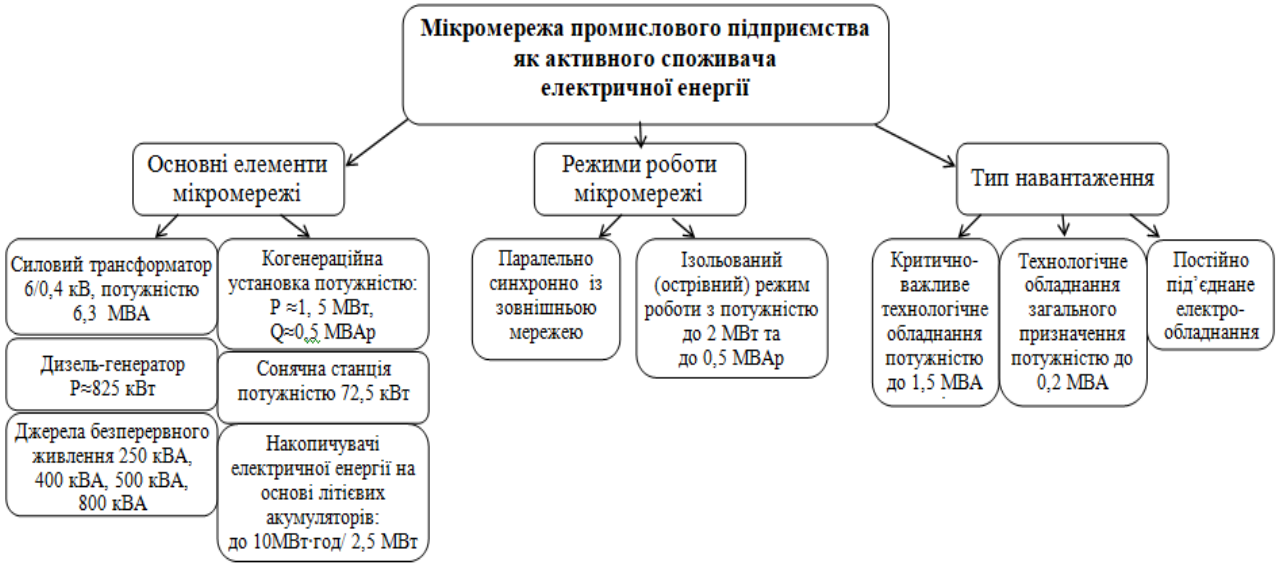
Згідно стандарту IEEE 1547.4 енергосистема з розподіленою генерацією досліджується, як потужна мікромережа, яка має власні автономні джерела електроенергії та енергоспоживачів (електронавантаження), причому її спеціально проектують як локальну електроенергосистему, яка може ефективно працювати у так званому "острівному" режимі [1–4], і тому її можна від'єднувати від зовнішньої макромережі електропостачання.

Потужна мікромережа є локальною електроенергосистемою, яка може використовувати енергію таких автономних енергосистем, як газовий когенератор, дизель-генератор і сонячна електростанція. Задля гарантованого електроживлення критичних енергоспоживачів промислових підприємств і забезпечення необхідної для них високої якості електроенергії за тривалих відключеннях і нестабільних режимах зовнішньої системи електропостачання у такій мікромережі використовують сучасні енергоємні накопичувачі електроенергії та електронні пристрої, здатні забезпечувати швидкі режими керування енергоресурсами і режимами постачання електроенергії промисловим енергоспоживачам. Висока якість електроенергії і стабільність режимів її постачання критичним споживачам за будь-яких енергетичних збуреннях у зовнішній макросистемі реалізується як у разі синхронної роботи мікромережі із макромережею, так і за тривалій її автономній ("острівній") роботі та під час реалізації так званих швидких "безшовних" переходів між цими режимами.

Проте, маючи все-таки обмежену максимальну потужність, мікромережа в першу чергу спрямована на забезпечення необхідного високоякісного електроживлення її критичних енергоспоживачів за будь-яких електроенергетичних і електродинамічних збуреннях у зовнішній макромережі. Звичайно, якщо мікромережа реалізує гарантоване електроживлення критичних енергоспоживачів різної потужності, то найбільш потужні споживачі по можливості заживлюються найбільш дешевою електроенергією від сонячної електростанції [4, 5] або за мінімальних тарифах за електроенергію від зовнішньої макромережі, якщо вона працює. Проте забезпечення гарантованого електроживлення всіх критичних енергоспоживачів потужної мікромережі завжди є найбільш важливим і пріоритетним (порівняно з вартістю електроенергії, зручністю і всіма іншими параметрами).

Надійна і енергоефективна експлуатація мікромережі залежить від якості взаємодії всіх компонентів систем управління, енергозабезпечення, стабілізації режимів тощо, що є окремим викликом для ефективного електроживлення [6–8]. Незважаючи на це, потужні мікромережі промислових підприємств є важливими елементами промислових енергосистем та "розумних підприємств" [9–13].

Структура та основні компоненти потужних мікромереж. Автори статті приймали участь у розробці, створенні та тривалій (більше року) експлуатації мікромережі потужністю понад 2 МВт з використанням газового когенератора, який мав активну потужність і реактивну потужності відповідно 1,5 МВт і 0,5 МВАр), дизель-генератора потужністю до 825 кВт і сонячної електростанції потужністю до 72,5 кВт. Структурну потужної мікромережі показано на рисунку.



Ключовими компонентами потужних мікромереж, подібних приведеній на рисунку, є: автономні розподілені джерела електроенергії; сучасні швидкодіючі системи перетворення її параметрів, накопичення, зберігання та генерації; системи керування процесами постачання електроенергії критичним споживачам як за "синхронних" режимах із зовнішньою макромережею, так і в "острівних" режимах й "безшовних" (практично миттєвих) переходах між такими режимами [3].

Здатність потужної мікромережі працювати синхронно з макромережею і без неї є ключовою характеристикою стійкості режимів мікромережі до енергетичних збурень у зовнішній макромережі [14, 15]. Ця подвійна функціональна здатність потужних мікромереж є особливо важливою для електропостачання обмежених територій із специфічними енергетичними потребами в регіонах, підключення яких до центральної макромережі є складним завданням.

Задля покращення швидких електродинамічних процесів в потужних мікромережах доцільно використовувати енергоємні накопичувальні батареї на основі сучасних електроакумуляторів і технологій оптимізації їхніх динамічних режимів у промислових умовах [16–18].

Основними джерелами електроживлення в потужній мікромережі, показаній на рисунку, були когенератор потужністю $P_1 \leq 1{,}5$ МВт, дизель-генератор потужністю $P_2 \leq 825$ кВт і сонячна електростанція потужністю $P_3 \leq 72{,}5$ кВт. Їхня сукупна активна потужність складає $P_\Sigma \geq 2{,}3$ МВт.

Когенератор може виробити найбільше електроенергії, і вона є дешевшою за енергію дизель-генератора. А якщо у разі низьких зовнішніх температур використовувалася ще й теплова енергія, вироблена когенератором, кількість якої була більшою, ніж вироблена ним електрична енергія, то загальний енергетичний ККД когенератора наближався до 90%, і тому він був ключовим автономним генератором енергії у даній мікромережі.

Звичайно найбільш дешевою є електроенергія сонячної електростанції, але її максимальна потужність 72,5 кВт є малою і дуже нестабільною, тому ця електроенергія використовувалась для діагностики електричних характеристик малопотужних приладів та накопичення електроенергії.

Всі навантаження у потужній мікромережі на рисунку, умовно розділено на три категорії: *критично важливе, пріоритетне і кероване непріоритетне* навантаження.

1. *До критично важливого навантаження* віднесено 4 електротехнологічних лінії з виготовлення критичної електроенергетичної продукції та всі електросервери, системи електробезпеки та контролю наявних електроенергетичних і технологічних процесів.

Це навантаження повинно мати безперебійне, гарантоване і високоякісне електроживлення за будь-яких умовах відключення та змінення режимів зовнішньої макромережі. У разі виникненні в ній аварійних режимів від неї миттєво (менше ніж за 1 мс) повинні відключатися всі критичні навантаження і "безшовно" (з використанням 4-х джерел безперебійного живлення ДБЖ 800 кВт, ДБЖ 500 кВт, ДБЖ 400 кВт і ДБЖ 250 кВт) підключитись до мікромережі потужністю $P_\Sigma \geq 2{,}3$ МВт, показаній на рисунку. В результаті цих "безшовних" переключень всі критично важливі навантаження повинні отримати електроживлення від газового когенератора і дизель-генератора. Причому додаткове фінішне корегування всіх швидких "безшовних" перехідних режимів забезпечує вказаний на рис. 1 накопичувач електроенергії до 10 МВт год, який використовує сучасні енергоємні літій-залізофосфатні акумулятори, здатні реалізовувати активну потужність до 2,5 МВт протягом не менше 4 годин.

Щоб забезпечити необхідну високу якість і конкурентну економічну доцільність виготовлення особливо важливої енергетичної продукції вказана потужна мікромережа повинна забезпечувати безперервне якісне електроживлення деяких потужних критично важливих споживачів протягом декількох діб і навіть тижнів. Тому вимоги до реалізації необхідних тривалих, безперебійних і високоякісних електроенергетичних режимів є ключовими під час розробки, створенні та експлуатації потужних мікромереж для електроживлення *критично важливих електротехнологічних навантажень.*

2. *До пріоритетного навантаження* віднесено представлене на рисунку "некритичне технологічне електрообладнання загального призначення" та інші електроспоживачі, терміни підключення яких можуть змінюватись, але так, щоб не порушувати режими роботи критично важливих навантажень. Пріоритетними навантаженнями можуть бути також електротехнологічні установки та інше електрообладнання, роботу якого можна планувати з тривалими перервами і переносами термінів їхнього електроживлення, які не впливають на якість роботи критично важливих навантажень.

3. *Непріоритетне кероване навантаження.* Терміни і потужність електроживлення непріоритетно-керованих навантажень можна змінювати і переносити як під час плануванні робіт, так і їхньому виконанні. Головним обмеженням залишається лише неприпустимість порушення безперервного гарантованого електроживлення всіх критичних енергоспоживачів промислового підприємства задля

реалізації в них тривалих безперебійних і високоякісних електроенергетичних режимів, які є ключовими для виробництва критично важливої електротехнологічної продукції незалежно від нестабільності і відключення зовнішнього електропостачання промислового підприємства.

Потужні мікромережі для промислових підприємств порівняно з традиційними малопотужними мікромережами загального призначення відрізняються більшим масштабом, необхідністю реалізації більш складних електроенергетичних режимів гарантованого електроживлення всіх критичних енергоспоживачів, спеціалізованими вимогами до оптимізації та інтеграції енергоресурсів для їхньої реалізації, підвищеними вимогами до енергоефективності та реалізації тривалих безперервних критичних електротехнологічних режимів виробництва [15, 17].

Переваги створення потужних мікромереж для промислових підприємств України. В даний воєнний час потужні мікромережі є практично єдиним енергоефективним електротехнічним рішенням для гарантованого і якісного електрозабезпечення критично важливого електротехнологічного обладнання промислових підприємств України, незважаючи на нестабільність режимів та непередбачені тривалі відключення централізованого електропостачання**.** Побудова потужної мікромережі та її використання промисловим підприємством дає змогу забезпечити незалежність всіх критично важливих електротехнологічних процесів і загальної діяльності підприємства від якості електроенергії у зовнішній енергосистемі та від стабільності її постачання до електромережі підприємства.

Використання високоякісного електропостачання від власної потужної мікромережі забезпечує гарантоване акумулювання електроенергії (тобто її накопичення на майбутнє споживання), стабілізацію пікових навантажень на підприємстві, а також в певні проміжки часу і генерацію електроенергії у зовнішню електромережу стороннім споживачам.

Реалізація вищезазначеної енергетичної стратегії забезпечує можливість переходу промислового підприємства зі статусу "споживача електричної енергії" в статус "активного споживача електроенергії", за яким воно завдяки своєму генеруючому і акумулюючому обладнанню може вже не тільки забезпечувати власні потреби в електроенергії, а й постачати у міську електромережу до 50% від загального обсягу її річного споживання для живлення сторонніх споживачів тоді, коли її вартість є найбільшою. Це дає змогу промисловому підприємству отримувати додаткові кошти, які можуть використовуватися на подальший розвиток підприємства.

Ключовим вектором розвитку потужних мікромереж на найближчий період слід вважати розробку і використання в них: 1) мегаватних накопичувачів електричної енергії, 2) швидкодіючих накопичувачів для покриття пікових навантажень, 3) створення електротехнологічного обладнання, здатного надійно працювати в умовах обмеженої потужності, та 4) інтеграція методів штучного інтелекту для ефективного енергоменеджменту в потужній мікромережі

Можна виділити наступні ключові переваги створення та використання потужних мікромереж в промислових підприємствах України [15, 19]:

– *Суттєве покращення надійності та стійкості електроживлення критичних енергоспоживачів* незалежно від нестабільності режимів зовнішнього електропостачання;

Це головна перевага створення і використання потужних мікромереж промисловими підприємствами України в даний воєнний час, оскільки такі мікромережі здатні забезпечити гарантоване високоякісне електроживлення критичних енергоспоживачів підприємств, які виробляють вітчизняну наукоємну і важливу електроенергетичну і технологічну продукцію з високою доданою вартістю;

– *Забезпечення автономної роботи потужних мікромереж,* які можуть відключатись від основної макромережі у разі виникненні в ній тривалих порушень та нестабільних режимів, і гарантувати проведення критичних технологічних і промислових процесів і навіть життєво необхідних операцій та маніпуляцій у лікарнях та госпіталях;

– *Запобігання зупинкам і тривалим простоям технологічного обладнання, яке повинно працювати в тривалих безперервних режимах*, які важко реалізовувати в сучасних умовах нестабільності режимів зовнішнього електропостачання;

– *Підвищення загальної електроенергетичної безпеки*, яка є життєво необхідною для ефективної роботи як промислової, так і інформаційної інфраструктури;

– *Зменшення загальних промислових витрат на підприємствах* шляхом впровадження різних електротехнологічних режимів накопичення електроенергії під час мінімальних витрат на її виробництво та використання і навіть продаж у міську макромережу електроенергії, коли її вартість є максимальною;

– *Для оптимізації своїх витрат* як під час використанні електроенергії на виробництво критично важливої промислової продукції, так і накопиченні електроенергії та її подальшому продажу для сторонніх споживачів у терміни, коли її вартість є найдорожчою;

– *Забезпечення ефективної інтеграції відновлюваних джерел енергії* (ВДЕ) в промислові процеси, що сприяє інтеграції відновлюваної енергії та зменшенню впливу промислових підприємств на навколишнє середовище і спрямовує основну їхню діяльність на досягнення цілей сталого розвитку.

Висновки. 1. На даний час *створення і використання потужних мікромереж є практично єдиним енергоефективним електротехнічним рішенням*, здатним забезпечити безперервне гарантоване електроживлення критичних енергоспоживачів промислових підприємств України задля реалізації в них тривалих безперервних високоякісних електроенергетичних режимів, які є ключовими для виробництва критично важливої електротехнологічної продукції незалежно від нестабільності режимів і тривалого відключення зовнішнього електропостачання.

2. *Ключовою відмінністю* досліджуваних потужних мікромереж для промислових підприємств України від відомих малопотужних мікромереж є безперервне забезпечення гарантованого електроживлення всіх критичних енергоспоживачів промислового підприємства, які є ключовими для виробництва критично важливої продукції.

3. Незважаючи на існуючі наукові, електротехнічні та технологічні бар'єри, потужні мікромережі неминуче стануть невід'ємною частиною майбутніх електроенергетичних систем, здатних забезпечити безперервне гарантоване електроживлення критичних енергоспоживачів промислових підприємств України незалежно від нестабільності режимів і тривалого відключення зовнішнього електропостачання. Вони відіграватимуть ключову роль у досягненні стійкості та енергоефективності.

5. Аналіз основних переваг і викликів дає змогу промисловим підприємствам України в даний час повною мірою реалізовувати потенціал цієї нової технології – побудови потужних мікромереж задля підвищення надійності безперервного енергозабезпечення та виробництва критично важливої електротехнологічної продукції незалежно від нестабільності режимів і тривалого відключення зовнішнього електропостачання. Потужні мікромережі підвищують енергетичну незалежність, надаючи промисловим підприємствам можливість виробляти та контролювати власну електроенергію та зменшує залежність від зовнішніх постачальників електроенергетичних послуг, що захищає промислові підприємства від коливань цін на енергоносії та перерв у постачанні електроенергії.

6. Ключовим вектором розвитку потужних мікромереж на найближчий період слід вважати розробку і використання в них: 1) мегаватних накопичувачів електричної енергії, 2) швидкодіючих накопичувачів для покриття пікових навантажень, 3) створення електротехнологічного обладнання, здатного надійно працювати в умовах обмеженої потужності, та 4) інтеграція методів штучного інтелекту для ефективного енергоменеджменту в потужній мікромережі.

Дослідження виконано за науково-дослідною роботою "Забезпечення ефективності функціонування та розвитку розподіленої енергетики в Україні з використання технологій мікромереж" (шифр "Режим 3", Державний реєстраційний номер 0125U000609)

1. Gamarra C., Guerrero J.M., Rey J.M. A knowledge discovery in databases approach for industrial microgrid planning. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 2016. Vol. 60. Pp. 615-630. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.091.

2. Ahmed M.A., Abbas G., Touqeer Ahmed Jumani, Nasr Rashid, Aqeel Ahr, Sayed M. Eldin. Techno-economic optimal planning of an industrial microgrid considering integrated energy resources. *Front. Energy Res.* 2023. Vol. 11. P. 1124056. DOI: https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1145888.

3. Momeneh A., Castilla M., Ghahderijani M.M., Camacho A., De Vicuña L.G. Design and control of a small-scale industrial microgrid in islanding mode. *Int. J. Simul. Model*. 2016. Vol. 15. No 4. Pp. 671-683. DOI: https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7793490.

4. Shcherba A.A., Podoltsev O.D., Belyanin R.V., Antonets T.Yu., Dadazhanov Yu.V. Modeling and analysis of long-term 24-hour processes of changes in electricalenergy flows in the microgrid of an industrial enterprise. *Teknichna elektrodynamika*. 2026. No 1. Pp. 62-71. DOI: https://doi.org/10.15407/techned2026.01.062.

5. Blake S.T., O'Sullivan D.T.J. Optimization of distributed energy resources in an industrial microgrid. *Procedia CIRP*. 2018. Vol. 69. Pp. 522-527, DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.184.

6. Wongyai J., Tayjasanant T., Sirisumrannukul S. BESS operation scheme to reduce energy cost and demand charge in an industrial microgrid in Thailand. Proc. 2023 IEEE PES 15th *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf*. (APPEEC), Shanghai, China, Dec. 2023. Pp. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/APPEEC57400.2023.10561990.

7. Wongyai J., Tayjasanant T., Taisuke Masuta. Optimal scheduling and sizing of battery energy storage system in an industrial microgrid. Proc. 2024 *Int. Conf. Harmon. Qual. Power* (ICHQP), Dubai, UAE, Oct. 2024. Pp. 1-6. DOI: https://doi/org/10.1109/ICHQP61174.2024.10768719.

8. Cagnano A., Sherazi H.H.R., De Tuglie E. Communication system architecture of an industrial-scale microgrid: A case study. *Internet Technol. Lett*. 2020. Vol. 3. No 1. P. e139. DOI: https://doi.org/10.1002/itl2.126.

9. Sheikholeslami M., Yin Y., Subramanian S.B., Zamani A., Keller E., Avery P. Implementing a behind-the-meter commercial and industrial microgrid: Key lessons in grounding, protection, and control. *IEEE Electrif. Mag*. 2024. Vol. 12. No 2. Pp. 44-53. DOI: https://doi.org/10.1109/MELE.2024.3385979.

10. Microgrids: Theory and Practice. Peng Zhang ed. Wiley-IEEE Press, 2024. 944 p.

11. Microgrid. Design, Optimization, and Applications. Ed. by Amit Kumar Pandey. CRS Press. 2024, 316 p.

12. Fundamentals of Microgrids. Stephen A. Roosa ed. CRC Press, 2024. 302 p.

13. Shafiee Q., Naderi M., Bevrani H. Microgrids: Dynamic Modeling, Stability and Control. Wiley & Sons, 2024. 409 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119906230.

14. Gonzalez-Espin F., Valdivia V. Hogan D., Diaz D., Foley R.F. Operating modes of a commercial and industrial building microgrid with electrical generation and storage. Proc. 2014 IEEE 5th Int. *Symp. Power Electron. Distrib. Gener. Syst.* (PEDG). Galway, Ireland, Jun. 2014. Pp. 1-8. DOI: https://doi.org/10.1109/PEDG.2014.6878647.

15. Akter U., Kholilullah M.I., Dewan S., Emon M.A.H. & Islam M. Microgrids for Industrial Implementation an Overview of Benefits, Challenges, and Optimization Techniques. E*uropean Journal of Theoretical and Applied Sciences.* 2025. No 3(2). Pp. 439-449. DOI: https://doi.org/10.59324/ejtas.2025.3(2).37.

16. Gomaa A.M., Abdelrahim A. et al. Enhancing energy efficiency and renewable integration in industrial plants through DC microgrids: A case study for an ethylene plant. Proc. *Int. Middle East Power Syst. Conf*. (MEPCON), Cairo, Egypt, Dec. 17-19, 2024. Pp. 1-6. DOI: https://doi.org/10.1109/MEPCON63025.2024.10850259.

17. Petar J. Grbovi. Ultra-capacitors in power conversion systems. IEEE-Press, 2014, 338 p.

18. Fu L., Chen H. Distributionally robust chance-constrained energy management of steel industrial microgrid with energy storage in distribution market. *Appl. Energy*. 2025. Vol. 361. P. 122934. DOI: https://doi.org/10.2139/ssrn.5056389.

19. Gutiérrez-Oliva D., Colmenar-Santos A., Rosales-Asensio E. A Review of the State of the Art of Industrial Microgrids Based on Renewable Energy. *Electronics*. 2022. No 11. P. 1002. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics11071002.

DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT OF POWERFUL MICROGRIDS AT INDUSTRIAL ENTERPRISES OF UKRAINE

A.A. Shcherba[1], O.D. Podoltsev[1], N.I. Suprunovska[1], R.V. Belyanin[2], T.Yu. Antonets[2]
[1] Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,
56, Beresteiskyi Ave., Kyiv, 03057, Ukraine.
E-mail: podol@ied.org.ua.
[2] Yuzhcable works, PJSC,
Avtogenna str., 7, Kharkiv, 61099, Ukraine.

Research has been conducted on the development of high-power microgrids capable of ensuring the uninterrupted operation of critical electrical equipment at industrial enterprises in Ukraine under unstable external power supply conditions. Improvements to such microgrids are substantiated based on the use of autonomous distributed energy sources and modern technologies for the accumulation, storage and conversion of electrical energy parameters, and the integration of artificial intelligence and energy management methods. The key role of using powerful microgrids to ensure guaranteed power supply to critical energy consumers of industrial enterprises during long outages and unstable external power supply conditions has been identified. It is substantiated that the integration of powerful microgrids, modern technologies of "smart" mechanisms and hybrid energy systems at industrial enterprises increases the energy efficiency of all electrical, technological and organizational processes and their resistance to long-term outages and instability of external power supply. The introduction of powerful microgrids at industrial enterprises in Ukraine increases the energy efficiency of all electrical technologies for the creation of critically important products and simplifies the achievement of sustainable development goals. References 19, figure 1.

Key words: external macrogrid, industrial enterprise, critical energy consumers, power supply instability, electrical technology, power quality, high-power microgrid, autonomous power sources, energy storage devices, uninterruptible power supply, energy efficiency.

Надійшла 01.06.2026
Прийнята 22.06.2026