

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-365-85>

УДК 621.31

ПРИЩЕПА ЯРОСЛАВ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0009-0008-5049-4826>

email: yrikpa200022@gmail.com

ЗАМУЛКО АНАТОЛІЙ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0001-8018-6332>

email: Zai_71@ukr.net

ВПЛИВ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА БЕЗПЕКУ ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

У статті досліджено роль розвитку розподіленої генерації як важливого фактора підвищення безпеки постачання електричної енергії в Україні в умовах воєнних загроз та пошкодження енергетичної інфраструктури. Показано, що розвиток невеликих генеруючих потужностей, підключених до розподільчих мереж, сприяє підвищенню стійкості енергосистеми завдяки диверсифікації джерел генерації, зменшенню залежності від великих електростанцій та зниженню ризиків масштабних відключень у разі пошкодження магістральної мережі або централізованих генеруючих об'єктів. Особливу увагу приділено ролі розподіленої генерації у забезпеченні автономного електропостачання об'єктів критичної інфраструктури, зокрема лікарень, систем водопостачання та тепlopостачання, а також можливості функціонування локальних енергетичних «островів» у разі порушення роботи об'єднаної енергосистеми. У статті запропоновано індикатор «Розвиток розподіленої генерації», який може використовуватися як складова системи моніторингу безпеки постачання електричної енергії. Індикатор базується на співвідношенні встановленої потужності об'єктів розподіленої генерації до розрахункового навантаження електроспоживання регіону. Запропонований підхід передбачає розрахунок показника на регіональному рівні з подальшим агрегуванням результатів для визначення інтегрального значення індикатора на рівні держави. Це дозволяє оцінювати не лише загальний рівень розвитку розподіленої генерації, але й виявляти регіональні дисбаланси її розвитку. На основі статистичних даних щодо споживання електроенергії за регіонами України та інформації Міністерства енергетики України щодо встановленої потужності об'єктів розподіленої генерації проведено розрахунок індикатора для областей України. За результатами дослідження визначено інтегральне значення індикатора розвитку розподіленої генерації для України на рівні 0,43, що свідчить про наявність значного потенціалу для подальшого розвитку локальних генеруючих потужностей та необхідність їх більш рівномірного розподілу між регіонами. Отримані результати можуть бути використані для формування системи регулярного моніторингу розвитку розподіленої генерації.

Ключові слова: безпека енергопостачання, індикативний підхід, розподілена генерація, острівний режим, інтегральний показник, стратегія розвитку.

PRYSHCHЕPA YAROSLAV, ZAMULKO ANATOLIY

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

THE IMPACT OF THE DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED GENERATION ON THE SECURITY OF ELECTRICITY SUPPLY

This article examines the role of distributed generation as a key factor in enhancing the security of electricity supply in Ukraine amid military threats and damage to energy infrastructure. It is shown that the development of small-scale generating capacities connected to distribution networks contributes to increasing the resilience of the power system through the diversification of generation sources, reducing dependence on large power plants, and lowering the risks of large-scale blackouts in the event of damage to the transmission grid or centralized generation facilities. Particular attention is paid to the role of distributed generation in ensuring autonomous power supply to critical infrastructure facilities, specifically hospitals, water supply and heating systems, as well as the ability of local energy “islands” to function in the event of a disruption to the integrated power system. This article proposes an indicator titled “Development of Distributed Generation,” which can be used as a component of a system for monitoring the security of electricity supply. The indicator is based on the ratio of the installed capacity of distributed generation facilities to the region’s estimated electricity demand. The proposed approach involves calculating the indicator at the regional level, followed by aggregating the results to determine the indicator’s aggregate value at the national level. This allows for assessing not only the overall level of distributed generation development but also identifying regional imbalances in its development. Based on statistical data on electricity consumption by region in Ukraine and information from the Ministry of Energy of Ukraine regarding the installed capacity of distributed generation facilities, the indicator was calculated for the regions of Ukraine. The study results determined the aggregate value of the distributed generation development indicator for Ukraine at 0.43, indicating significant potential for the further development of local generating capacity and the need for its more even distribution among regions. The results obtained can be used to establish a system for the regular monitoring of distributed generation development.

Keywords: energy security, indicative approach, distributed generation, island mode, integrated indicator, development strategy.

Стаття надійшла до редакції / Received 17.03.2026

Прийнята до друку / Accepted 13.04.2026

Опубліковано / Published 28.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Прищепя Ярослав, Замілко Анатолій

Постановка проблеми у загальному вигляді та

її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Безпека постачання електричної енергії для України є особливо актуальною в умовах повномасштабної воєнної агресії. Зв'язок з енергосистемами Європи та регулярні удари по критичній інфраструктурі вимагають

диверсифікації джерел генерації та підвищення стійкості мережі. Традиційно енергосистема України будувалася централізовано на великих ТЕС і ГЕС, що робить її вразливою: у разі одночасного виведення з ладу декількох великих об'єктів виникає ризик масштабного знеструмлення. У зв'язку з цим державні документи визначають розподілену генерацію (РГ) як пріоритетну складову протидії енергетичним загрозам.

Аналіз досліджень та публікацій

Стратегія розвитку РГ до 2035 року [1] наголошує: в умовах агресії необхідно розосереджувати генеруючі потужності. Зокрема, в короткостроковій перспективі пріоритетними є будівництво та введення в експлуатацію нових потужностей саме розподіленої генерації. Такий підхід відповідає міжнародним практикам і вимогам європейського законодавства [2], що стимулюють розвиток генерації біля споживача.

Водночас в існуючих підходах до оцінки безпеки енергопостачання розподілена генерація досі належить до другорядних факторів або враховується опосередковано. Для оцінки рівня безпеки використовується індикативний підхід [3], де сформовано п'ять інтегральних показників (складових): забезпечення балансової надійності, забезпечення первинними енергоресурсами, функціонування ринку, операційна безпека і кібербезпека. Для кожного з них розраховані нормовані значення на основі статистичних даних [4]. Однак жоден з цих показників безпосередньо не відображає стан розподіленої генерації. Це створює методичний розрив: при моніторингу безпеки важливо окремо виділяти індикатор «Розвиток розподіленої генерації» як відображення прогресу в реалізації енергетичної стратегії.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є обґрунтування впливу розвитку розподіленої генерації на безпеку постачання електричної енергії та формування індикатора оцінки її розвитку з подальшою апробацією на регіональному рівні України.

Виклад основного матеріалу.

Роль розподіленої генерації у забезпеченні стабільності енергосистеми. Розосередження потужностей і захист від атак. Основною перевагою розподіленої генерації називають будівництво великої кількості маломасштабних установок, наближених до споживача. За цих умов для агресора стає значно складніше зруйнувати всі об'єкти: масиви малопотужних станцій та акумуляторів важче знищити одночасно, ніж кілька великих ТЕС/ГЕС. Стратегія стверджує, що розподілена генерація дозволяє мінімізувати втрати потужності при ударах по інфраструктурі: ураження численного комплексу малих об'єктів значно менш ефективне, ніж пошкодження окремих великих. Тобто система з РГ, навпаки, підвищує живучість енергетичного балансу. Наприклад, при масованих обстрілах головної мережі саме РГ здатна забезпечити пікові навантаження та підтримати критичну інфраструктуру.

В умовах руйнування магістралей різко зростає потреба у локальних (острівних) режимах роботи. «Основні проблемні питання» свідчать, що без стратегічних змін більшість вже введених газопоршневих і когенераційних установок залишаються неробочими через відсутність підготовки до автономної роботи. Ці ж документи вказують на необхідність створення пілотних «мікромереж»-островів: автономних енергетичних блоків, які в разі відключення від ОЕС зберігатимуть живлення критичних об'єктів та після відновлення роботи швидко синхронізуються з мережею. Реалізація таких мікромереж на базі комунальних котелень (з КГУ) дозволить в періоди воєнних атак забезпечити стабільне живлення соціально важливих об'єктів. Таким чином, розподілена генерація грає подвійно важливу роль: воно стримує масштаб аварій в ОЕС і допомагає організувати автономні острівні ланцюги електропостачання.

Затверджена Стратегія розвитку РГ чітко встановлює цілі: вже до 2026 року слід ввести до 4 ГВт додаткових РГ-потужностей. Краще забезпечена інфраструктура малих генеруючих об'єктів також відповідає вимогам європейських директив (генеруючі установки зі «гарантованою» потужністю). У документі підкреслено, що будівництво 4 ГВт через приватні та державні проекти сприятиме надходженню інвестицій і, найголовніше, «посиленню стійкості та надійності роботи об'єднаної енергосистеми України». Важливо відзначити, що згідно зі стратегією об'єкти РГ повинні бути керованими, розподіленими географічно та з коротким терміном будівництва (на противагу тривалій модернізації великих станцій). Таким чином, за стратегічним задумом, інтенсивний розвиток РГ сам по собі є метою енергетичної політики. Тому логічно включити окремий показник «Розвиток розподіленої генерації» до системи індикаторів безпеки. Він може, наприклад, вимірюватися як відношення реально введеної потужності РГ до планової (4 ГВт) або як аналогічний нормалізований індикатор виконання програми.

Разом з тим, розподілена генерація не є однорідним явищем з точки зору впливу на безпеку постачання електричної енергії. Різні типи генеруючих установок мають відмінні технічні характеристики, рівень керованості, стабільність виробітку та здатність працювати в автономних режимах. Зокрема, керовані джерела (наприклад, когенераційні установки або дизельні генератори) можуть забезпечувати резервні потужності та підтримувати стабільність енергосистеми в умовах аварійних ситуацій. Водночас відновлювані джерела енергії, такі як сонячні та вітрові електростанції, характеризуються змінністю генерації та потребують додаткових механізмів балансування, зокрема накопичувачів енергії або резервних потужностей.

Таким чином, оцінка ролі розподіленої генерації у забезпеченні безпеки постачання електричної енергії потребує диференційованого підходу, який враховує особливості різних технологій генерації. Для узагальнення основних характеристик і визначення їхнього потенційного впливу на надійність функціонування енергосистеми доцільно провести порівняльний аналіз основних типів розподіленої генерації. Результати такого аналізу наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика типів розподіленої генерації

Тип розподіленої генерації	Первинне джерело енергії	Керованість генерації	Стабільність виробітку	Вплив на безпеку постачання	Основні переваги	Основні недоліки	Приблизна вартість, грн/кВт·год
Сонячні електростанції	Сонячна радіація	Некерована	Низька (залежить від погоди та доби)	Підвищує диверсифікацію генерації, але потребує резервів	Відновлюваність, відсутність викидів, модульність	Інтермітентність, потреба у накопичувачах	~1.5–3
Вітрові електростанції	Кінетична енергія вітру	Частково керована	Середня	Зменшує залежність від викопного палива	Низькі експлуатаційні витрати, масштабованість	Залежність від швидкості вітру, складність прогнозування	~2–4
Когенераційні установки	Природний газ, біогаз	Керована	Висока	Забезпечує стабільну локальну генерацію	Високий ККД (до 80–90% з теплом), стабільність	Залежність від палива, викиди	~4–6
Дизельні генератори	Дизельне паливо	Повністю керована	Висока	Використовується як резервне живлення	Швидкий запуск, висока надійність	Висока собівартість, екологічні проблеми	~8–15
Біоенергетичні установки	Біомаса, біогаз	Керована	Висока	Підвищує енергетичну незалежність регіонів	Використання місцевих ресурсів	Логістика палива, обмеженість ресурсів	~3–6
Малі гідроелектростанції	Енергія водного потоку	Частково керована	Висока	Стабільне локальне джерело електроенергії	Висока довговічність, низькі експлуатаційні витрати	Географічні обмеження	~1.5–3

Порівнюючи наведені у таблиці орієнтовні значення собівартості електроенергії різних типів розподіленої генерації із цінами на оптовому ринку електроенергії, можна оцінити їхню економічну конкурентоспроможність. За даними АТ «Оператор ринку», середньозважена ціна купівлі-продажу електроенергії на ринку «на добу наперед» (РДН) в Об'єднаній енергосистемі України за лютий 2026 року становила 10 048,28 грн/МВт·год [5], що відповідає приблизно 10,05 грн/кВт·год.

Очевидним є те, що більшість відновлюваних джерел розподіленої генерації, зокрема сонячні та малі гідроелектростанції, мають потенційно нижчу або співставну собівартість виробництва електроенергії. Водночас маневрові та резервні джерела, такі як дизельні генератори або газові когенераційні установки, характеризуються значно вищою собівартістю виробітку, що обмежує їх використання переважно режимами аварійного або резервного живлення. Таким чином, економічна доцільність розвитку розподіленої генерації полягає не лише у можливому зниженні вартості виробництва електроенергії, а й у підвищенні стійкості та надійності функціонування енергосистеми в умовах кризових ситуацій.

Технічні бар'єри та проблематика острівного режиму роботи. Однією з найгостріших проблем, що перешкоджає повноцінному використанню потенціалу розподіленої генерації для зміцнення безпеки постачання, є обмежена здатність установок працювати в автономному або острівному режимі. У ситуаціях системних аварій, коли основна мережа знеструмлена, саме здатність локальних генераторів підтримувати напругу в «енергетичних островах» визначає виживаність критичних об'єктів, таких як лікарні, насосні станції та системи централізованого опалення. Проте, як показує практика верифікації, більшість введених в експлуатацію об'єктів не відповідають вимогам Кодексу системи передачі щодо здатності до автономного пуску та швидкої повторної синхронізації [6].

Технічна неготовність обладнання до роботи в острівному режимі обумовлена відсутністю специфічних функціональних можливостей в системах управління, браком додаткового обладнання, такого як автоматичні пристрої синхронізації та спеціалізовані системи релейного захисту, а також обмеженим фінансуванням проектів на етапі проектування. Із загальної потужності верифікованих об'єктів лише невелика частина на сьогодні відповідає вимогам, що дозволяють здійснювати автономний пуск та роботу поза паралеллю з ОЕС. Це створює парадоксальну ситуацію: значні генеруючі ресурси наявні фізично, але залишаються недієздатними у найбільш критичні моменти — під час блекаутів.

Функціональні режими РГ та їх диференційована вага. Для глибокого розуміння внеску РГ у безпеку постачання необхідно розглянути три ключові моделі її використання, кожна з яких має свою технічну складність та рівень впливу на стійкість енергосистеми.

1. Використання розподіленої генерації для власних потреб.

Цей режим передбачає роботу генеруючої установки в межах внутрішньої мережі споживача (підприємства, лікарні, житлового комплексу) без передачі електроенергії до об'єднаної енергосистеми. Такий підхід є найбільш доступним та широко застосовується бізнесом і територіальними громадами з метою підвищення енергетичної незалежності та зниження ризиків, пов'язаних із можливими обмеженнями електропостачання.

З точки зору загальної безпеки об'єднаної енергосистеми (ОЕС) цей режим має відносно невелике системне значення, оскільки вироблена електроенергія використовується локально і не бере участі у загальносистемному балансуванні. Наприклад, когенераційні установки, профінансовані міжнародними донорами (зокрема GIZ), часто вводяться в експлуатацію з умовою покриття виключно власних потреб підприємств теплокомуненерго [7]. У такому випадку диспетчер НЕК «Укренерго» не має можливості використовувати ці потужності для регулювання балансу потужності в системі.

Водночас для забезпечення стійкості критичної інфраструктури цей режим є базовим, оскільки гарантує функціонування об'єктів життєзабезпечення (лікарень, водоканалів, систем теплопостачання) незалежно від стану магістральної мережі. За наявними даними, у 2025 році для таких потреб було введено 12,3 МВт сонячних електростанцій та понад 28 МВт систем накопичення енергії.

2. Використання розподіленої генерації для покриття пікових навантажень.

Другий режим передбачає залучення локальної генерації або систем накопичення енергії для покриття навантаження в години максимального споживання електроенергії. Такий підхід є важливим інструментом стабілізації енергосистеми, особливо в умовах дефіциту маневрових потужностей. У цьому випадку генеруючі установки (наприклад, газопоршневі агрегати) або накопичувачі енергії використовуються для зменшення відбору електроенергії з мережі у періоди пікового навантаження.

З економічної точки зору цей режим є привабливим для споживачів, оскільки плата за потужність у багатьох тарифних моделях може становити від 30 % до 70 % загальної вартості електроенергії. З системної точки зору його значення полягає у таких ефектах:

- більш рівномірному навантаженні трансформаторів і ліній електропередачі, що сприяє подовженню строку їх експлуатації та зменшенню ймовірності аварій;
- зменшенні дефіциту потужності в енергосистемі, що знижує потребу в аварійній допомозі або імпорту електроенергії;
- підвищенні можливостей інтеграції відновлюваних джерел енергії, зокрема завдяки накопиченню сонячної енергії у денний період та її використанню під час вечірнього максимуму навантаження.

З математичної точки зору ефективність цього режиму оцінюється через зменшення величини пікового навантаження, що безпосередньо впливає на стабільність напруги та пропускну здатність розподільних мереж.

3. Виробництво електроенергії з передачею в мережу.

Третій режим передбачає роботу об'єктів розподіленої генерації з відпуском електроенергії в електричну мережу. У цьому випадку генеруючі установки стають повноцінними учасниками ринку електроенергії та можуть брати участь у балансуванні енергосистеми. Такий формат роботи має найбільший потенціал з точки зору системної користі, оскільки дозволяє використовувати потужності розподіленої генерації для підтримки балансу виробництва і споживання електроенергії на рівні всієї енергосистеми.

Участь розподіленої генерації у загальносистемному балансуванні дозволяє зменшити навантаження на великі електростанції, підвищити гнучкість енергосистеми та створити додаткові резерви потужності. Особливо важливим це є в умовах значної частки відновлюваних джерел енергії та пошкодження частини генеруючих об'єктів унаслідок військових дій.

Окремо слід зазначити можливість роботи розподіленої генерації в острівному режимі. Острівний режим не є самостійним форматом використання генерації, а виступає додатковою функціональною можливістю, яка може застосовуватися в будь-якому з описаних режимів роботи. У цьому випадку частина мережі з локальною генерацією та навантаженням автоматично відокремлюється від об'єднаної енергосистеми у разі її знеструмування та продовжує функціонувати автономно.

Наявність такої функції суттєво підвищує живучість енергетичної інфраструктури, оскільки дозволяє забезпечити безперервне електропостачання критично важливих об'єктів навіть у разі масштабних аварій або пошкодження магістральних мереж. Після відновлення роботи основної системи такі локальні енергетичні острови можуть бути синхронізовані з ОЕС і повернутися до звичайного режиму роботи.

Територіальний підхід до безпеки електропостачання. Сучасні виклики, викликані повномасштабною війною, змушують переглядати традиційну «зверху–вниз» модель оцінки енергетичної безпеки. Під час масованих обстрілів центральних генеруючих потужностей і магістральних мереж системи зростає потреба у локальних (обласних та місцевих) рішеннях. Фахівці наголошують, що відповіддю на цю загрозу має стати створення мережі розподіленої генерації, що складається з багатьох малих електростанцій поблизу споживачів

Такий підхід дозволяє диверсифікувати виробництво та мінімізувати ризик одночасного виведення з ладу значної частини системи. Наприклад, у 2023 році у Верховній Раді України вказували, що енергосистема

перебуває під постійною загрозою обстрілів, і мережа розподіленої генерації із сотень малих станцій допоможе забезпечити енергетичні об'єкти від масштабних пошкоджень [8].

Розподілена генерація розміщується у розподільчих мережах на території областей, тобто наближена до споживача. Ураження великої кількості відносно малопотужних об'єктів є значно складнішим завданням, ніж одночасне знищення кількох великих ТЕС чи ГЕС.

За таких умов навіть пошкодження окремої малої електростанції можна швидко компенсувати резервами інших, тоді як ураження великих вузлових підстанцій призводить до масштабного знеструмлення територій. Саме тому в офіційній стратегії розвитку розподіленої генерації відзначено, що основною перевагою розподіленої генерації є її масштабування за рахунок численних майданчиків, що унеможливорює швидке втручання в роботу всієї системи.

Відповідно, впровадження розподіленої генерації з гарантованою потужністю розглядається як один з найефективніших способів швидкого подолання нестачі генерації на національному та регіональному рівнях.

Функціонування системи з розподіленою генерацією повинно бути орієнтоване на територіальний захист критичних об'єктів. Зокрема, нормативи наголошують, що технічним вимогам РГ є забезпечення гарантованого електропостачання об'єктів критичної інфраструктури та максимальної кількості інших споживачів на території у разі знеструмлення основних регіональних джерел (підстанцій системи передачі та великих електростанцій)

Це означає, що в разі аварії чи обстрілу магістральної мережі лікувальні заклади, системи водопостачання, теплопостачання тощо мають отримувати живлення від локальних генеруючих установок. Таким чином, територіальні системи зі значною часткою РГ стають своєрідним «енергетичним буфером» – вони здатні автономно забезпечувати споживачів до відновлення основної системи.

Для уніфікації і планування розвитку таких територіальних систем уряд затвердив «енергопаспорти» (паспорти енергонезалежності) для кожної області [9].

Кожен такий документ містить комплексну оцінку потенціалу розвитку розподіленої генерації в регіоні і допомагає місцевій адміністрації розробити деталізовані плани дій з урахуванням особливостей території

В енергопаспорті фіксуються наявні генеруючі потужності, об'єкти критичної інфраструктури, альтернативні джерела живлення та плани їх розвитку. У багатьох областях уже розроблені або переглядаються плани енергетичної стійкості, які мусить включати декілька обов'язкових напрямів:

- захист критичної інфраструктури,
- розвиток розподіленої генерації,
- альтернативні джерела живлення для критичних об'єктів,
- децентралізацію теплогенерації.

Крім цього, як зазначають урядовці, принципово важливим завданням є забезпечення максимальної автономності кожної області та громади

Іншими словами, кожен регіон має мати можливість частково або повністю задовольняти власні потреби в електроенергії з локальних джерел, зокрема в надзвичайних умовах. Наприклад, практичним критерієм підвищення стійкості може бути досягнення такими системами рівня покриття внутрішнього попиту на рівні кількох десятків відсотків за рахунок РГ. Наявність у регіональному балансі значної долі розподіленої генерації прямо корелює з його життєстійкістю – чим більше ця частка, тим вище захищеність споживачів від зовнішніх потрясінь.

Отже, у межах запропонованого підходу безпека постачання розглядається насамперед через призму територіальної автономії та стійкості. Концептуальний зсув полягає у тому, що головними ядрами підтримки енергопостачання стають локальні розподільчі мережі з інтегрованою генерацією. Рекомендована модель оцінки безпеки передбачає аналіз по областях з урахуванням частки РГ, резервів, альтернативних джерел тощо. Такий підхід узгоджується з державними документами: їхні програми та нормативи прямо вказують на пріоритет розвитку мереж розподіленої генерації для зміцнення енергобезпеки регіонів

Впровадження територіальної моделі безпеки вимагає від авторів та урядовців розробки відповідних критеріїв й індикаторів. Одним з можливих є відсоток покриття потреб регіону за рахунок розподіленої генерації. Іншим – наявність повного «енергетичного паспорта» області. В цілому, концентрація уваги на регіональних рішеннях, а не лише на національних, дозволяє зменшити ризики системних знеструмлень і водночас спрямувати заходи розвитку енергетики на найбільш ефективні в конкретних умовах території.

Перехід до територіальної моделі безпеки постачання означає, що підвищення стійкості мережі досягається через розбудову розподіленої генерації по регіонах. Такий підхід відображено у вже ухвалених державних стратегіях і планах, і його реалізація за рахунок створення регіональних енергопаспортів і планування дасть змогу суттєво посилити енергетичну безпеку України.

Аналіз динаміки розвитку розподіленої генерації в Україні. В умовах триваючих атак на енергетичну інфраструктуру України питання підвищення стійкості енергосистеми набуло стратегічного значення. Одним із ключових напрямів державної політики стало прискорене впровадження розподіленої генерації, що дозволяє зменшити вразливість централізованої системи виробництва електроенергії та підвищити надійність електропостачання на рівні регіонів і громад. У цьому контексті на засіданні Ради національної безпеки і оборони України були представлені Комплексні плани стійкості регіонів та великих міст, розроблені Кабінетом Міністрів України спільно з обласними військовими адміністраціями та органами місцевого самоврядування [10].

Основною метою цих планів є забезпечення безперебійного функціонування критичної інфраструктури та життєдіяльності громад в умовах воєнних загроз і пошкодження енергетичної інфраструктури.

Структурно зазначені плани передбачають реалізацію чотирьох ключових напрямів:

- підвищення рівня захисту об'єктів критичної інфраструктури;
- розвиток розподіленої генерації;
- забезпечення стабільного теплопостачання;
- безперебійного водопостачання.

Загальна вартість реалізації комплексних планів оцінюється у 216,32 млрд грн, а фінансування передбачається здійснювати за рахунок державного та місцевих бюджетів, а також міжнародної допомоги, зокрема через Фонд підтримки енергетики України. Для координації реалізації цих заходів Кабінетом Міністрів України створюється спеціальний координаційний центр [11], а оцінка готовності регіонів здійснюватиметься за допомогою інтегрального Індексу стійкості.

Додатковим кроком у формуванні державної політики щодо підвищення стійкості енергосистеми стала постанова Кабінету Міністрів України від 5 лютого 2026 року №192 «Про деякі заходи щодо невідкладного подолання наслідків надзвичайної ситуації в електроенергетичних системах» [12]. Документ передбачає комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на швидке відновлення енергетичної інфраструктури та підвищення її стійкості до надзвичайних ситуацій. Одним із ключових інструментів у цьому процесі визначено розвиток розподіленої генерації як засобу підвищення гнучкості та живучості енергосистеми. Фактично зазначена постанова започатковує системний цикл управління розвитком розподіленої генерації, який можна інтерпретувати через класичний цикл Демінга (PDCA — Plan–Do–Check–Act). У цьому контексті стратегічне планування розвитку розподіленої генерації відповідає етапу Plan, практична реалізація проєктів — етапу Do, оцінка результатів і моніторинг показників — етапу Check, а подальше коригування політики та програм розвитку — етапу Act.

З огляду на це, важливим елементом державної політики стає формування системи показників, які дозволяють оцінювати динаміку розвитку розподіленої генерації. Аналіз динаміки розраховується на базі офіційних цільових показників (0 — початковий стан, 1 — повне виконання плану 4 ГВт). Фактичне значення показника взято умовно як 0,125 (тобто введено 0,5 ГВт станом на кінець 2025 р., що становить 12,5% від запланованого).

Отримані результати свідчать, що станом на кінець 2025 року розвиток розподіленої генерації в Україні перебуває на початковому етапі реалізації стратегічних планів. Значення індикатора на рівні 0,125 відображає лише часткове виконання поставленої державою цілі щодо введення 4 ГВт потужностей розподіленої генерації. Водночас навіть такий рівень впровадження вже формує основу для підвищення стійкості енергосистеми, зокрема через локалізацію генерації, зменшення залежності від великих електростанцій та створення передумов для розвитку автономних енергетичних вузлів.

Таким чином, розвиток розподіленої генерації в Україні поступово переходить від етапу стратегічного планування до етапу практичної реалізації та моніторингу результатів. У цьому контексті оцінювання показників розвитку розподіленої генерації можна розглядати як елемент циклу Демінга, який дозволяє здійснювати системний аналіз ефективності прийнятих управлінських рішень. Проведення такої оцінки у контексті безпеки постачання електричної енергії є надзвичайно важливим, оскільки дозволяє своєчасно визначати реальний стан енергосистеми, виявляти проблемні напрями розвитку та формувати обґрунтовані стратегічні рішення щодо подальшого підвищення її стійкості.

Розрахунок нового індикатора безпеки постачання електричної енергії. Одним із ключових факторів підвищення безпеки постачання електричної енергії є розвиток розподіленої генерації, яка дозволяє зменшити залежність енергосистеми від великих централізованих електростанцій та підвищити її стійкість до аварійних ситуацій і пошкоджень інфраструктури. У зв'язку з цим доцільним є формування окремого індикатора, що відображає рівень розвитку розподіленої генерації та її потенційний внесок у забезпечення електропостачання.

Запропонований індикатор розвитку розподіленої генерації базується на співвідношенні встановленої потужності відповідних генеруючих установок до навантаження електроспоживання регіону. Такий підхід дозволяє оцінити потенційну здатність локальних генеруючих потужностей забезпечувати електроенергією споживачів у разі порушення роботи централізованої енергосистеми.

Граничні значення індикатора знаходяться у межах від 0 до 1, де значення 0 відповідає повній відсутності розподіленої генерації у регіоні, а значення 1 означає, що навантаження електроспоживання регіону потенційно може бути повністю покрито за рахунок розподіленої генерації.

Вихідні дані для розрахунку індикатора включають обсяги споживання електричної енергії за регіонами України та встановлену потужність об'єктів розподіленої генерації. У дослідженні використано статистичні дані щодо споживання електроенергії за 2022 рік, оприлюднені Державною службою статистики України, що дозволяє отримати узгоджену та офіційну базу для регіонального аналізу.

Особливістю запропонованого підходу є врахування функціональної структури використання розподіленої генерації. Зокрема, встановлена потужність розподіленої генерації розглядається як сума трьох складових, що відповідають основним режимам її використання:

- використання генерації для власних потреб споживачів;
- використання генерації для покриття пікових навантажень;

– виробництво електроенергії з передачею в електричну мережу.

Оскільки зазначені режими мають різний вплив на безпеку постачання електричної енергії, у формулі індикатора враховуються відповідні вагові коефіцієнти α , β , γ . Значення цих коефіцієнтів можуть визначатися на основі експертних оцінок та залежати від структури електроспоживання області, ролі критичної інфраструктури та особливостей функціонування регіональної енергосистеми.

Розрахунок індикатора здійснюється у два етапи. На першому етапі визначається значення індикатора для кожної області України, що дозволяє оцінити регіональні особливості розвитку розподіленої генерації:

$$I_i = \min\left(\frac{(\alpha P_{self,i} + \beta P_{peak,i} + \gamma P_{grid,i})}{P_{dem,i}}, 1\right), \quad (1)$$

де $P_{self,i}$ – потужність РГ для власних потреб і-ої області; МВт;

$P_{peak,i}$ – потужність РГ для покриття піків і-ої області; МВт;

$P_{grid,i}$ – потужність РГ, що працює в мережу і-ої області;

α , β , γ – вагові коефіцієнти режимів роботи і-ої області;

$P_{dem,i}$ – потужність електроспоживання і-ої області, МВт.

На другому етапі проводиться агрегування отриманих результатів для визначення інтегрального значення індикатора на рівні держави з врахуванням вагових коефіцієнтів:

$$I = \sum I_i \cdot \omega_i, \quad (2)$$

де ω_i – ваговий коефіцієнт і-ої області.

Запропонована система розрахунків дозволяє сформулювати кількісний показник, що відображає рівень розвитку розподіленої генерації та її потенційний внесок у забезпечення безпеки постачання електричної енергії. Отримане значення індикатора характеризує частку навантаження регіону, яка потенційно може бути забезпечена за рахунок локальних генеруючих потужностей. Використання такого показника створює можливість здійснювати системний моніторинг розвитку розподіленої генерації як на рівні окремих регіонів, так і на рівні держави загалом. Регулярний розрахунок індикатора дозволяє відстежувати динаміку змін у структурі енергопостачання, своєчасно виявляти регіональні дисбаланси у розвитку розподіленої генерації та оцінювати ефективність державних програм і політик у сфері підвищення стійкості енергосистеми. Таким чином, запропонований індикатор може бути використаний як один із елементів системи моніторингу безпеки постачання електричної енергії та як аналітичний інструмент для формування обґрунтованих управлінських рішень щодо подальшого розвитку розподіленої генерації в Україні.

Разом з тим, для практичного розрахунку індикатора розвитку розподіленої генерації необхідні детальні статистичні дані щодо структури використання генеруючих установок (за режимами роботи), а також уточнені значення вагових коефіцієнтів α , β та γ . На даний момент така інформація у відкритих джерелах відсутня або має обмежений характер. У зв'язку з цим для демонстрації методики розрахунку індикатора доцільно застосувати спрощений підхід.

У межах спрощеної моделі приймається, що всі режими використання розподіленої генерації мають однаковий вплив на безпеку постачання електричної енергії, тобто:

$$\alpha = \beta = \gamma = 1$$

У такому випадку сумарна потужність розподіленої генерації визначається як:

$$\sum P_i = P_{self,i} + P_{peak,i} + P_{grid,i}, \quad (3)$$

Вихідні дані для розрахунку індикатора включають обсяги споживання електричної енергії за регіонами України та встановлену потужність об'єктів розподіленої генерації. У дослідженні використано статистичні дані щодо споживання електроенергії за 2022 рік, оприлюднені Державною службою статистики України [13], що дозволяє отримати узгоджену та офіційну базу для регіонального аналізу. Дані щодо встановленої потужності об'єктів розподіленої генерації по регіонах України отримано з інформаційних матеріалів Міністерства енергетики України, оприлюднених на офіційному веб-сторінці відомства [14].

Оскільки дані щодо споживання електроенергії подаються у вигляді річних обсягів (МВт·год), для забезпечення коректності порівняння з встановленою потужністю генерації використовується приведення обсягів споживання до середнього навантаження регіону:

$$P_{dem,i} = \frac{E_i}{8760} \quad (4)$$

Таким чином, результати розрахунків зображено в таблиці 2.

Використовуючи формулу (2), отримаємо:

$$I = 0,43$$

За результатами агрегування регіональних значень із використанням рівномірних вагових коефіцієнтів отримано інтегральне значення індикатора розвитку розподіленої генерації для України на рівні 0,33. Отримане значення свідчить про недостатній рівень розвитку розподіленої генерації в країні та наявність значного потенціалу для подальшого нарощування відповідних потужностей.

Таким чином, індикатор розвитку розподіленої генерації може розглядатися як один із нових показників у системі моніторингу безпеки постачання електричної енергії, що дозволяє кількісно оцінити внесок локальних генеруючих потужностей у підвищення стійкості енергосистеми.

Результати розрахунків індикаторів в розрізі областей

Область	Потужність РГ (МВт)	Споживання області (МВт·год)	Середнє навантаження області (МВт)	Індикатор
Вінницька	85.6	1 887 082	215.4	0.40
Волинська	111.2	716 714	81.8	1.00
Дніпропетровська	93.0	12 875 844	1469.0	0.06
Донецька	1.5	1 813 895	207.1	0.01
Житомирська	40.4	945 659	108.0	0.37
Закарпатська	68.5	381 695	43.6	1.00
Запорізька	19.8	2 654 991	303.1	0.07
Івано-Франківська	97.6	1 849 077	211.1	0.46
Київська	145.0	2 025 062	231.2	0.63
м. Київ	41.1	3 917 842	447.2	0.09
Кіровоградська	4.4	1 437 396	164.1	0.03
Львівська	68.3	2 298 947	262.5	0.26
Миколаївська	46.8	2 267 758	258.9	0.18
Одеська	55.9	1 471 026	167.9	0.33
Полтавська	12.3	2 493 989	284.7	0.04
Рівненська	94.3	2 448 108	279.5	0.34
Сумська	112.1	829 490	94.7	1.00
Тернопільська	30.7	422 411	48.2	0.64
Харківська	92.1	1 662 569	189.8	0.49
Хмельницька	34.9	1 569 290	179.1	0.19
Черкаська	96.4	1 401 051	159.9	0.60
Чернівецька	5.3	1 645 354	187.8	0.03
Чернігівська	46.4	525 197	59.9	0.77

Висновки

Розвиток розподіленої генерації є одним із ключових факторів підвищення стійкості та безпеки постачання електричної енергії в умовах сучасних викликів для енергетичної системи України. Розосередження генеруючих потужностей у розподільчих мережах дозволяє підвищити живучість енергосистеми, зменшити ризики масштабних відключень унаслідок пошкодження великих генеруючих об'єктів та забезпечити автономне електропостачання критично важливих споживачів. Особливе значення розподілена генерація має в умовах воєнних загроз, коли можливість локального забезпечення електроенергією та формування автономних енергетичних «островів» стає важливим елементом енергетичної безпеки держави.

У роботі запропоновано підхід до оцінки розвитку розподіленої генерації як складової системи індикаторів безпеки постачання електричної енергії. Запропонований індикатор базується на співвідношенні встановленої потужності об'єктів розподіленої генерації та навантаження електроспоживання регіону з урахуванням можливих режимів використання генерації. Розрахунок індикатора здійснюється у два етапи: на першому етапі визначаються значення показника для кожної області України, а на другому — шляхом агрегування регіональних результатів формується інтегральне значення індикатора на рівні держави. За результатами проведених розрахунків встановлено, що інтегральне значення індикатора розвитку розподіленої генерації для України становить 0,33, що свідчить про недостатній рівень розвитку локальних генеруючих потужностей та нерівномірність їх розподілу між регіонами.

Отримані результати підтверджують доцільність використання запропонованого індикатора в системі моніторингу безпеки постачання електричної енергії. Його застосування дозволяє здійснювати регулярний аналіз динаміки розвитку розподіленої генерації, виявляти регіональні дисбаланси та оцінювати ефективність державних програм розвитку енергетичної інфраструктури. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення методики розрахунку індикатора, зокрема шляхом уточнення вагових коефіцієнтів режимів роботи генерації, врахування структури електроспоживання та ролі критичної інфраструктури, а також інтеграції запропонованого показника до комплексних систем оцінки енергетичної безпеки України.

Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.07.2024 № 713-р. Про схвалення Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvallenia-strategii-rozvytku-rozpodilenoj-heneratsii-na-period-do-2035-roku-i-zatverdzhennia-s713180724> (дата звернення: 13.03.2026).

2. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal market for electricity. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019L0944-20220623> (дата звернення: 13.03.2026).
3. Прищепя, Я., & Замулко, А. (2024). Використання індикативного підходу для оцінки безпеки постачання електричної енергії. Системні дослідження в енергетиці, (4 (80), 134-142). (дата звернення: 13.03.2026).
4. Про результати моніторингу безпеки постачання електричної енергії: Звіт Міністерства енергетики України. URL: <https://mev.gov.ua/> (дата звернення: 10.12.2021).
5. Звіт АТ «Оператор ринку» про результати торгів за лютий 2026 року. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/newsctr/n/31860> (дата звернення: 13.03.2026).
6. Кодекс системи передачі щодо технічних вимог до генеруючих одиниць. НКРЕКП. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text> (дата звернення: 13.03.2026).
7. Аналітичний звіт щодо розвитку когенерації в Україні. Держенергоєфективності. URL: <https://sae.gov.ua/news/ukraina-ta-ies-obiednuiut-zusyillia-dlia-rozvytku-vysokoefektyvnoi-koheneratsii> (дата звернення: 13.03.2026).
8. Стенограма засідання Верховної Ради України: питання децентралізації енергетики. URL: <https://www.rada.gov.ua/meeting/stenogr/show/8309.html> (дата звернення: 13.03.2026).
9. Урядовці затвердили енергопаспорти регіонів України. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.facebook.com/minenergoUkraine/posts/pfbid089wbw7it86AKXG7SdwKjutEguKq38Us4GdXBk5U7aZJjWHMQyknHX2LMzHwe925Ql> (дата звернення: 13.03.2026).
10. Рішення РНБО України про затвердження Комплексних планів стійкості регіонів. Кабінет Міністрів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/yuliia-svyrydenko-rnbo-zatverdyla-kompleksni-planiv-stiikosti-rehioniv-ta-velykykh-mist> (дата звернення: 13.03.2026).
11. Утворення Координаційного центру з реалізації планів стійкості. LexInform. URL: <https://lexinform.com.ua/zakonodavstvo/dlya-realizatsiyi-planiv-stiikosti-utvoreno-koordinatsijnyj-tsentr/> (дата звернення: 13.03.2026).
12. Постанова КМУ від 5 лютого 2026 р. № 192 про заходи щодо подолання наслідків надзвичайної ситуації. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/KP260192> (дата звернення: 13.03.2026).
13. Використання електроенергії в регіональному розрізі за 2022 рік. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/energ/pve/pve2022.xls> (дата звернення: 13.03.2026).
14. Енергетична стійкість країни: як зростає розподілена генерація в регіонах. Міністерство енергетики України. URL: <https://mev.gov.ua/novyna/enerhetychna-stiikist-krayiny-yak-zrostaye-rozpodilena-heneratsiya-v-rehionakh> (дата звернення: 13.03.2026).

References

1. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 713-r dated July 18, 2024, on the Approval of the Strategy for the Development of Distributed Generation for the Period up to 2035. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvalennia-stratchii-rozvytku-rozpodileno-heneratsii-na-period-do-2035-roku-i-zatverdzhennia-s713180724> (accessed: 13.03.2026).
2. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal market for electricity. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019L0944-20220623> (accessed: 13.03.2026).
3. Pryshchepa, Y., & Zamulko, A. (2024). USING AN INDICATIVE APPROACH TO ASSESSING THE SECURITY OF ELECTRICITY SUPPLY. System Research in Energy, (4 (80), 134-142). <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.04.132>
4. On the Results of Monitoring the Security of Electricity Supply: Report by the Ministry of Energy of Ukraine. URL: <https://mev.gov.ua/> (accessed: 13.03.2026).
5. Report by JSC “Market Operator” on the Results of Auctions for February 2026. URL: <https://www.oree.com.ua/index.php/newsctr/n/31860> (accessed: 13.03.2026).
6. Transmission System Code regarding technical requirements for generating units. NEURC. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18#Text> (accessed: 13.03.2026).
7. Analytical report on the development of cogeneration in Ukraine. State Agency for Energy Efficiency. URL: <https://sae.gov.ua/news/ukraina-ta-ies-obiednuiut-zusyillia-dlia-rozvytku-vysokoefektyvnoi-koheneratsii> (accessed: 13.03.2026).
8. Transcript of the session of the Verkhovna Rada of Ukraine: issues of energy decentralization. URL: <https://www.rada.gov.ua/meeting/stenogr/show/8309.html> (accessed: 13.03.2026).
9. Government officials approved energy passports for the regions of Ukraine. Ministry of Energy. URL: <https://www.facebook.com/minenergoUkraine/posts/pfbid089wbw7it86AKXG7SdwKjutEguKq38Us4GdXBk5U7aZJjWHMQyknHX2LMzHwe925Ql> (accessed: 13.03.2026).
10. Decision of the National Security and Defense Council of Ukraine on the Approval of Comprehensive Regional Resilience Plans. Cabinet of Ministers of Ukraine. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/yuliia-svyrydenko-rnbo-zatverdyla-kompleksni-planiv-stiikosti-rehioniv-ta-velykykh-mist> (accessed: 13.03.2026).
11. Establishment of the Coordination Center for the Implementation of Resilience Plans. LexInform. URL: <https://lexinform.com.ua/zakonodavstvo/dlya-realizatsiyi-planiv-stiikosti-utvoreno-koordinatsijnyj-tsentr/> (accessed: 13.03.2026).
12. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 192 of February 5, 2026, on measures to address the consequences of an emergency. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/KP260192> (accessed: 13.03.2026).
13. Electricity consumption by region in 2022. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/energ/pve/pve2022.xls> (accessed: 13.03.2026).
14. The country's energy resilience: how distributed generation is growing in the regions. Ministry of Energy of Ukraine. URL: <https://mev.gov.ua/novyna/enerhetychna-stiikist-krayiny-yak-zrostaye-rozpodilena-heneratsiya-v-rehionakh> (accessed: 13.03.2026).