

# Роль гідроенергетики в роботі об'єднаної енергетичної системи України в сучасних умовах

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2024.028>

Віктор Мошинський

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне  
v.s.moshynskyi@nuwm.edu.ua

Юрій Бондаренко

ТОВ «Науково-технічна компанія ЕНПАСЕЛЕКТРО», Київ  
enpas@enpaselektro.com

Олександр Рябенко

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне  
o.a.riabenko@nuwm.edu.ua

Володимир Тимошук

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне  
v.s.tymoshchuk@nuwm.edu.ua

Оксана Клюха

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне  
o.o.kluha@nuwm.edu.ua

**Анотація** – Розглядається питання про роль гідроенергетики в роботі Об'єднаної енергетичної системи України в сучасних умовах. Наводиться інформація про структуру електрогенеруючих потужностей Європейського Союзу, Франції, Німеччини та України. Висвітлюється робота енергетичної системи України в умовах ведення бойових дій, а також вплив війни Росії проти України на розвиток світової енергетики.

**Ключові слова** – блекаут, гідроаккумулявальна електростанція, гідроенергетика, елегазові вимикачі, енергетична система.

## І. СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Для забезпечення функціонування економіки, благополуччя населення та енергетичної, економічної і політичної залежності держави використовують наявні джерела виробництва електричної енергії – атомні, теплові, гідравлічні, вітрові, сонячні електростанції, станції на біопаливі та ін.

Як відомо, графік споживання електричної енергії протягом доби характеризується великою нерівномірністю. Досить часто регулювання цієї нерівномірності здійснюють за допомогою базових блоків теплових електростанцій потужністю 200 - 300 МВт. Для проходження нічних провалів у добовому графіку навантажень іноді доводиться виводити з роботи окремі блоки ТЕС. Таке регулювання є досить дорогим прийомом та призводить до суттєвих поломів і виходу з ладу обладнання теплоелектростанцій. Враховуючи вказані обставини, регулювання роботи енергетичних систем прагнуть здійснювати за допомогою агрегатів ГЕС і ГАЕС, які

характеризуються високою маневреністю та малою тривалістю часу пуску агрегатів у роботу.

Таблиця 1. Установлена потужність гідравлічних електричних станцій та виробіток ними електричної енергії у районах світу в 2021 р.

Регіони	Установлена потужність гідравлічних електростанцій (включаючи ГАЕС) МВт	Приріст установлені потужності гідравлічних електростанцій (включаючи ГАЕС) у 2021р. МВт	Річний виробіток електричної енергії ТВт-год	Установлена потужність ГАЕС МВт
Північна і Центральна Америка	205058	1156	702	22089
Південна Америка	176773	172	614	994
Європа	254901	1087	689	55050
Південна і Центральна Азія	162313	1961	538	7711
Східна Азія і країни Тихого океану	522891	21897	1939	75540
Африка	38469	182	146	3377
<b>Всього</b>	<b>1360405</b>	<b>26455</b>	<b>4252</b>	<b>164761</b>

Аналіз світових тенденцій розвитку енергетики показує, що в останні десятиріччя суттєво зросла роль гідроенергетики в забезпеченні роботи енергетичних систем. Установлена потужність гідравлічних електростанцій та виробіток електричної енергії в регіонах світу станом на

2021 р. наведені в табл. 1 [1,2]. При аналізі інформації, представленої в табл. 1, важливо звернути увагу на приріст у 2021 р. установленої потужності гідралічних електростанцій, а також на значимість установленої потужності ГАЕС.

II. ЗМІНА СТРУКТУРИ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ УКРАЇНИ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Структура електрогенеруючих потужностей Європейського Союзу Франції, Німеччини станом на 2019 р., а також України за період 2019-2022 рр. показана у табл. 2 [3-7].

Таблиця 2. СТРУКТУРА ГЕНЕРУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕС, Франції, Німеччини та України

Країни	Тип електростанції			
	Виробіток електроенергії у відсотках			
	АЕС	ТЕС	ГЕС, ГАЕС	ЕС вітрові, сонячні, біоенергія
ЕС, 2019	25,5	39,9	10,8	23,8
Франція, 2019	70	9	10	11
Німеччина, 2019	12	46	4	38
Україна, 2019	53,9	37,4	5,1	3,6
Україна, 2022	60,1	34,86	1,95	3,09

В умовах ведення бойових дій структура генеруючих потужностей України зазнала суттєвих змін. Російські загарбники захопили Запорізьку АЕС, потужністю 6000 МВт (6 x 1000 МВт), підірвали Каховську ГЕС, потужністю 334,8 МВт – 6 x 55,8 МВт (рис. 1), пошкодили ряд ТЕС і ГЕС, а також велику кількість електростанцій, трансформаторів, розподільчих мереж. При цьому було пошкоджено біля половини енергетичних потужностей, втрачено 90 % вітрової та третина сонячної генерації.



Рис 1. Фото зруйнованої Каховської ГЕС

Внаслідок серйозних пошкоджень російськими агресорами енергетичної системи України 23 листопада 2022 р. відбувся тимчасовий блекаут з відключенням більшої частини країни від постачання електричної енергії. В умовах зниження частоти в енергосистемі спрацював аварійний захист і були відключені всі блоки Рівненської, Південноукраїнської та Хмельницької атомних станцій, а Запорізька АЕС перейшла в режим повного блекауту із запуском всіх дизель-генераторів. Українські енергетики з честю вийшли із такої загрозливої ситуації і за 20 годин вивели

країну із блекауту. Описаний випадок свідчить про високу стійкість української енергосистеми.

У 2023-2024 рр. Росія здійснила нові терористичні спроби знищення енергетичної системи нашої держави (підкреслимо, що такі дії класифікуються як терористичні акти, адже Росія не оголошувала стану війни з Україною). Внаслідок таких дій зазнали великих руйнувань і виведені з експлуатації Дніпрогес-1, Дніпрогес-2, Середньодніпровська, Канівська та інші гідроелектростанції. Були пошкоджені і виведені з ладу Зміївська, Трипільська, Ладижинська теплові електростанції. Значних руйнувань зазнали і інші енергетичні елементи – трансформаторні підстанції, розподільчі системи, лінії електропередач тощо. Проте повністю вивести з ладу енергетичну України загарбникам так і не вдалося.

III. РОБОТА ОБ'ЄДНОАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ В НАЯВНОСТІ БОЙОВИХ ДІЙ

Великі руйнування та пошкодження елементів енергетичної інфраструктури України, спричинені російськими масштабними ракетними атаками та системними обстрілами, потребують швидкого реагування та прийняття відповідних заходів для відновлення електропостачання. До числа таких екстрених заходів необхідно віднести наступні.

1. Ремонт та відновлення пошкоджених електростанцій і елементів енергетичної інфраструктури – трансформаторів, розподільчих пристроїв, ліній електропередач, вимикачів, роз'єднувачів та іншого обладнання.
2. Використання існуючих та створення нових додаткових (обхідних) мереж електропостачання.
3. Передача в аварійні райони електричної енергії із сусідніх регіонів, в тому числі із закордонних джерел.
4. Використання в аварійних ситуаціях промислових і побутових бензинових та дизельних електрогенераторів, а також теплових насосів. Наразі в Україну вже завезено понад пів-мільйона електрогенераторів.

Складність проблеми полягає в тому, що значний обсяг зазначених робіт доводиться виконувати під ворожими обстрілами та за наявності мінувань, причому воєнна ситуація не виключає можливості подальших ворожих ракетних атак та обстрілів.

Відбудова енергетичної системи України відбувається з використанням допомоги міжнародних партнерів, які надали додаткове фінансування та енергетичне обладнання, включаючи потужні трансформатори та електрогенератори. При цьому відновлення енергетичної системи здійснюється на новій основі за сучасними європейськими стандартами з врахуванням існуючих військових ризиків.

Необхідно підкреслити, що відновлення потужних електростанцій потребує не тільки ремонту, а в ряді випадків і повної заміни зруйнованого обладнання. Виготовлення нових

унікальних трансформаторів, генераторів, турбін та іншого гідроенергетичного обладнання вимагає великих затрат часу та відповідного фінансового забезпечення.

Кардинальними кроками для поліпшення стану енергетичної системи України та забезпечення її енергетичної незалежності став розрив енергетичного зв'язку між Україною та Росією і Білорусією, а також планова синхронізація національної системи з європейською енергомережею ENTSO-E. Енергетичний міст між Україною та Євросоюзом, який був відкритий у березні 2022 р. дав нашій країні можливість здійснювати необхідні експортно-імпорتنі операції з енергетичною енергією.

#### IV. Підвищення ролі ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

У вирішенні енергетичних проблем, що виникають в Україні в умовах ведення бойових дій велику роль відіграє гідроенергетика. Агрегати ГЕС і ГАЕС не тільки виробляють електричну енергію, а ще й регулюють нерівномірності роботи енергетичної системи в часі. При цьому агрегати гідравлічних станцій виробляють гостро пікову енергію, яка у 6-8 разів дорожча від базової.

Позитивною рисою ГАЕС є можливість їх роботи у насосному режимі в періоди низького завантаження енергосистеми. При цьому використовується дешева базова енергія, яку виробляють АЕС і ТЕС. В останні десятиріччя проявилася тенденція істотного розширення функцій ГАЕС в енергосистемі. У доповнення до традиційних видів їх діяльності – виробництва гостро дефіцитної пікової електричної енергії появилась можливість задоволення зростаючих потреб енергоринку. До числа таких додаткових функцій ГАЕС необхідно віднести регулювання основних параметрів енергосистеми (потужності, частоти тощо), підвищення якості енергетичної енергії, створення резерву підтримки та відновлення частоти [2,7]. Останнім часом виявилася і ще одна важлива функція гідроаккумулятивних електростанцій, пов'язана з можливістю використання її для акумулювання «надлишкової» енергії генерованої вітровими і сонячними електростанціями. В Україні наразі діють три ГАЕС – Київська, Дністровська, Ташлицька, які демонструють надійну роботу.

Енергетичною стратегією України на період до 2035р. планується введення в експлуатацію третьої черги Дністровської ГАЕС у складі п'ятого – сьомого агрегатів потужністю 972 МВт, будівництво Канівської ГАЕС з встановленою потужністю 1000 МВт, розширення Ташлицької ГАЕС.

Серед названих станцій особливо необхідно виділити Дністровську ГАЕС (рис. 2). Це унікальний об'єкт. Після введення в експлуатацію всіх семи агрегатів загальна потужність станції досягне 2268 МВт в генераторному режимі та 2947 МВт у насосному. За цими показниками Дністровська ГАЕС займе перше місце в Європі та шосте в світі після ГАЕС Фенгнінг (Fengning, 3600

МВт, Китай), Бат Кунті ( Bath County, 3003 МВт, США), Канагава (Kanagawa, 2820 МВт, Японія), Хуейчжоу (Huizhou, 2448 МВт, Китай), Гуангдонг ( Guangdong, 2400 МВт, Китай). Агрегати Дністровської станції відносяться до числа самих великих у світі, є реверсивними і мають потужність 324 МВт в генераторному режимі і 421 МВт у насосному [2].



Рис. 2. Дністровська ГАЕС (вид зверху)

Для здійснення комутацій електричного струму у відкритих і закритих розподільчих пристроях ГЕС, ГАЕС енергетичних систем широко використовують елегазові вимикачі. Наприклад, на Київській ГЕС здійснено заміну п'яти блочних повітряних вимикачів напругою 110 кВ на елегазові типу HGF-111/1С фірми ALSTOM, а також встановлено 20 генераторних елегазових вимикачів напругою 6,3 кВ типу HGI-2 та HGI-3 фірми «ABB». У технічно розвинених країнах елегазові вимикачі високої і надвисокої напруги (110 – 1150 кВ) практично витіснили всі інші типи комутаційних апаратів [8].

В останні десятиріччя намітилася тенденція використання на ГЕС і ГАЕС потужних комплектих розподільчих установок з елегазовою ізоляцією (КРУЕ). При цьому використовується обладнання для напруги до 330-500 кВ змінного струму та до 1150-1500 кВ постійного струму. КРУЕ розміщують у закритих приміщеннях з виконанням усіх відповідних експлуатаційних вимог.

В умовах ведення бойових дій істотно зростає роль ГЕС та ГАЕС, які можуть швидко включатися у роботу в критичних ситуаціях, забезпечуючи високу стійкість енергетичної системи.

#### V. Вплив війни Росії проти України на розвиток СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Аналіз структури енергогенеруючих потужностей країн світу за останні десятиріччя показує динаміку змін цієї структури. Після аварії на атомних електростанціях Чорнобильській (Україна, 1986 р.) та Фукусіма (Японія, 2011р.) ряд країн прийняли рішення про зменшення виробництва електричної енергії на АЕС і навіть про повне закриття цих станцій.

У Німеччині на початок 2011 р. працювало 175 атомних реакторів, у кінці 2011 р. в роботі залишилося лише 9 реакторів, а в січні 2022 р. – тільки 3 АЕС потужністю 4 ГВт (Ізар 2, Емеланд та Некарвестгайм-2). Планувалося закриття цих станцій наприкінці 2022 р.[6].



Франція у 2024 р. прийняла рішення про скорочення на 50% долі АЕС у виробництві електричної енергії до 2025 р., причому на той час ця доля становила порядку 70%. Проте в подальшому реалізація цих планів була відкладена до 2035 р. [5].

Російсько-українська війна, введення санкцій проти Росії, закриття нафтопроводу «Північний потік-2», істотне зменшення імпорту до Європи російської нафти і газу, скачки світових цін на вказані енергоносії істотно вплинули на прийняті раніше рішення в галузі енергетики. Крім того вчені та громадськість багатьох країн прийшли до висновку, що атомні електростанції мають більш високий рівень надійності, ніж це вважалося раніше, а негативний вплив цих станцій на навколишнє середовище є набагато меншим, ніж електростанцій інших типів.

Враховуючи названі обставини, уряд Німеччини навіть в умовах значних успіхів у використанні нетрадиційних джерел енергії прийняв рішення про продовження на певний період роботи діючих трьох своїх АЕС. При цьому Німеччина активно використовує свої вугільні електростанції. Характерно, що наразі Німеччина відноситься до країн, які найбільше імпортують кам'яне вугілля [1]. Франція у лютому 2022 р. оголосила про плани будівництва шести нових атомних реакторів та розгляд питання про будівництво в подальшому іще восьми реакторів [5].

Важливою тенденцією розвитку світової енергетики є напрямок, пов'язаний з декарбонізацією галузі, тобто з поступовою відмовою від використання викопних видів палива (вугілля, нафти, газу тощо) та переходом до більш повного використання відновлюваних джерел (енергії води, сонця, вітру, біопалива, побутових відходів тощо). Ця тенденція пов'язана з прагненням зменшити негативний вплив людини на зміну клімату шляхом зменшення викидів вуглекислого газу, що утворюється при згоранні палива. За таких обставин Великобританія закрила свої вугільні шахти, а Франція у 2018 р. оголосила про закриття своїх вугільних електростанцій до 2022 р., хоча реалізація цього рішення була відкладена до 2035 р.

Програма розвитку енергетики держави висвітлена в Енергетичній стратегії України на період до 2035 р., яка була схвалена в умовах мирного часу ще в 2017 р. В умовах ведення бойових дій ця стратегія потребує внесення відповідних корективів, які можна звести до наступного: розосередження використовуваних джерел енергії, розширення мережі існуючих ліній електропередач, активне використання відновлюваних джерел енергії шляхом будівництва нових ГЕС і ГАЕС, вітрових, сонячних електростанцій та станцій на біопаливі, продовження співробітництва України і Європейського союзу в умовах синхронізації роботи української енергосистеми з європейською енергетичною мережею ENTSO-E та ін.

## ВИСНОВКИ

1. Вихід із блекауту в 2022 р. продемонстрував високу стійкість і надійність Об'єднаної енергетичної системи України.
2. Гідроенергетика відіграє велику роль у забезпеченні стійкості енергетичної системи України в умовах ведення бойових дій.
3. Продовжити співробітництво України та Європейського Союзу в умовах синхронізації роботи української енергосистеми з Європейською енергетичною мережею ENTSO-E з використанням можливостей експорту та імпорту електричної енергії.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Hydropower Status Report. Sector trends and insights. 2022. <https://www.hydropower.org/publications/2022-hydropower-status-report>
- [2] О.А. Рябенко, "Гідроелектростанції в особливих природно-кліматичних умовах" : підручник – Рівне: НУВГП, 2024. – 192 с. ISBN 978-966-327-595-6
- [3] Information on the share of each energy source used in the overall structure of the purchased electricity balance for 2022. <https://www.ez.rv.ua/informatsiya-shhodo-chastky-kozhnogo-dzherela-energiyi-yaka-bula-vykorystana-u-zagalnij-strukturalansu-kuplenoyi-elektrychnoyi-energiyi-za-2022-rik/>
- [4] The European Power Sector in 2019: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition [https://www.agora-energiawende.org/fileadmin/Projekte/2019/Jahresauswertung\\_EU\\_2019/A-EW\\_EU-Annual-Report-2019\\_Slide-Deck.pdf](https://www.agora-energiawende.org/fileadmin/Projekte/2019/Jahresauswertung_EU_2019/A-EW_EU-Annual-Report-2019_Slide-Deck.pdf)
- [5] Nuclear Power in France. 2022. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>
- [6] Nuclear Power in Germany. 2022. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>
- [7] Ландау Ю.О., Бондаренко Ю.М., Цурик С.А. Значення ГАЕС в розвитку об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Промислова електроенергетика та електротехніка, №3 (123) 2020. – С.38-45. <http://promelektro.com.ua/archive.html>
- [8] Кот М.П. Елегазові вимикачі. *Гідроенергетика України*. 2020. №1-2. С.53-55. <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2020-07/13.pdf>