

світлового потоку світильника при досягненні заданих рівнів освітленості за рахунок зменшення надлишкового та нецільового освітлення. Малі розміри світлодіодів дозволяють створювати нові форм-фактори освітлення, які можуть змінити спосіб інтеграції освітлення в будівлі. Світлодіодне освітлення також надає нові можливості інтеграції, такі як робота з мікромережами постійного струму, щоб мінімізувати втрати при перетворенні змінного струму у постійний на кожному приладі або при використанні відновлюваних джерел енергії та їх акумуляторних систем без необхідності перетворення постійного струму в змінний для живлення світильників.

Ефективність живлення світлодіодних систем залежить від топології драйвера і схем світлодіодного приводу, функціональності, його розміру та вартості. Вдосконалення світлодіодних блоків живлення ведеться у напрямках інтеграції елементів керування та функцій зв'язку в блок живлення, впровадження додаткових рівнів функціональності та контролю за рахунок адресації та керування окремими ланцюжками світлодіодів, застосування технологій димінгування. Основними методами димінгування є лінійне димінгування та широтно-імпульсна модуляція живлення світлодіодів. Перевагами ШІМ-димінгування є енергоефективність, стабільна робоча температура, зниження теплового навантаження на світлодіод, збільшена довговічність, краща кольоропередача, інтеграція з розумними будинками та технологіями. Оптимізація режимів живлення світлодіодних систем, що включає раціональний підбір амплітуди, частоти імпульсів, шпаруватості, забезпечує підвищення енергоефективності, екологічності, надійності освітлювальних систем із забезпеченням нормативних вимог до параметрів світлового середовища на об'єктах експлуатації системи освітлення.

Література

1. Paul Morgan Pattison, Monica Hansen, Jeffrey Y. Tsao. LED Lighting Efficacy: Status and Directions/ Comptes Rendus Physique. March–April 2018. Vol.19, no 3. P.134-145.
2. J.Y. Tsao, M.E. Coltrin, M.H. Crawford, J.A. Simmons. Solid-State Lighting: an Integrated Human Factors, Technology, and Economic Perspective. Proc. IEEE, 98 (7) (2010). P. 1162-1179.

УДК 621.31

В.П. Коваль, к.т.н.; О. І. Похилий

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ БУДІВНИЦТВА НОВИХ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

V.P. Koval Ph.D; O. I. Pokhylyy

WIND ENERGY IN UKRAINE: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE CONSTRUCTION OF NEW WIND POWER PLANTS

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) відіграють важливу роль у реалізації концепції сталого розвитку, оскільки забезпечують збалансований взаємозв'язок між економічним зростанням, соціальним добробутом та збереженням природного середовища. Екологічне значення ВДЕ пов'язане із зниженням рівня забруднення повітря, води й ґрунтів через відсутність продуктів горіння, зменшення викидів парникових газів, сповільнення процесу глобального потепління. ВДЕ, зокрема, вітрові електростанції, сприяють переходу до моделей економічного і соціального розвитку,

які мінімізують шкоду навколишньому середовищу та водночас підтримують стабільний економічний розвиток, енергетичну безпеку країни.

В умовах сучасних викликів для України вітрова енергетика має особливе стратегічне значення, оскільки дозволяє зменшити обсяг імпортованої електроенергії і диверсифікувати джерела генерації, що особливо важливо в умовах воєнних загроз і руйнування енергетичної інфраструктури.

Загальна потужність збудованих в Україні вітрових електростанцій (ВЕС) становить 1,9ГВт, з яких 1,3ГВт перебувають на тимчасово окупованих територіях. Найбільші з них — Ботієвська (200МВт), Приморська (200МВт), Тилігульська (115МВт з 500МВт запланованих потужностей), Дністровська (100МВт). Стабільно працюють Старосамбірські ВЕС-1 і ВЕС-2 на Львівщині (40МВт) [1]. В процесі будівництва знаходяться вітропарк на межі Львівської, Рівненської, Тернопільської областей (200МВт), ВЕС на території Волинської області потужністю 147МВт, вітрова електростанція на межі Закарпатської та Львівської областей (80МВт), ВЕС на Одещині орієнтовною сумарною потужністю близько 60МВт. Цілий ряд вітропарків різної потужності перебуває на стадії девелопменту та проєктування українськими та іноземними компаніями. З 2022 року по 1 квартал 2025 року в Україні введено в експлуатацію 258 МВт нових потужностей [2].

В Україні розроблено план розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року, згідно з яким передбачено будівництво 6,1 ГВт наземної вітрової енергетики. Перспективними регіонами для будівництва ВЕС є Карпати, Прикарпаття, Закарпаття, Львівщина, Волинь, Одещина та Миколаївщина [2].

Основними інвесторами на ринку вітроенергетики України є компанії ДТЕК Renewables, Elementum Energy, «Галнафтогаз», Еко-Оптіма, ТОВ «Вітропарки України». Чимало світових енергетичних компаній та фінансових груп також виявляють зацікавленість у вітроенергетичному ринку України. Провідними постачальниками вітроенергетичних установок (ВЕУ) є такі європейські компанії: Vestas (Данія), GE Vernova Energy (США), Nordex Group (Данія) та інші. Українським виробником ВЕУ є ТОВ «ФРЕНДЛІ ВІНД ТЕХНОЛОДЖІ», релоковане у 2022 році з Краматорська, яке не лише виробляє вітрові турбіни, а й будує ВЕС на Закарпатті.

«Вітрова енергія належить до постійно відновлюваних джерел енергії, однією з переваг якої є доступність, повсюдне поширення і практична невичерпність ресурсів. ... Основним недоліком при використанні вітру як енергетичного джерела є непостійність його швидкості, а отже, і енергії в часі» [3, с. 57].

Україна може успішно розвивати вітрову енергетику завдяки високому природному потенціалу вітрових ресурсів. Цьому сприяють можливості швидкого розгортання вітрових електростанцій порівняно з традиційними. Розширення мережі ВЕС в Україні сприятиме зниженню залежності від імпортних енергоносіїв, посиленню енергетичної автономії громад, інтеграції України до європейської «зеленої» енергетичної політики, виконанню кліматичних зобов'язань.

Проте, реалізація нових вітроенергетичних проєктів пов'язана з рядом викликів. Передусім, це воєнні дії на території України, через які значна частина перспективних територій на півдні України перебувають під окупацією або в зоні підвищеної загрози.

Ускладнюють цей процес руйнування інфраструктури — пошкодження електромереж, підстанцій та логістичних маршрутів, що створює труднощі з підключення до мережі нових ВЕС. Також енергосистема України потребує модернізації для ефективного прийому нестабільної вітрової генерації.

В умовах воєнних дій на території України нерідко виникають труднощі із фінансуванням нових об'єктів, оскільки обладнання для ВЕС має високу вартість, а будівництво вимагає складної логістики. В таких умовах інвестори вимагають

додаткових гарантій, страхування ризиків та стабільної державної політики. Зміни у законодавстві, тарифах, механізмах підтримки також стримують інвесторів.

Будівництво нових об'єктів вітрової енергетики пов'язано з деякими екологічними та соціальними обмеженнями. При проєктуванні ВЕС обов'язково потрібно враховувати вплив на рослинний та тваринний світ, ландшафт та брати до уваги думку громади.

Отож, незважаючи на серйозні воєнні, технічні та інвестиційні виклики, вітроенергетика України є перспективним напрямом. За умов стабілізації ситуації, модернізації мереж і формування прогнозованої регуляторної політики галузь може стати одним із ключових напрямків «зеленої» відбудови та формування енергетичної незалежності держави. Відновлювальні джерела енергії є важливою передумовою розвитку конкурентноспроможної економіки, досягнення екологічних, соціальних цілей, що відповідає концепції сталого розвитку.

Література

1. Вітрова енергетика України. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітрова_енергетика_України (дата звернення 25.11.2025 р.).
2. Українська вітроенергетична асоціація. Члени та стейкхолдери. URL: <https://uwea.com.ua/ua/membership/members/> (дата звернення 28.11.2025 р.).
3. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

В.П. Коваль, канд. техн. наук, доц.; А.З. Стасів; П.М. Зін

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АКТУАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

V.P. Koval, Ph.D., Assoc. Prof.; A.Z. Stasiv; P.M. Zin

CURRENT ASPECTS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

Відновлювані джерела енергії впевнено витісняють традиційну енергетику з енергетичних балансів більшості країн світу. Особливих успіхів досягнула сонячна енергетика, яка у 2025 році забезпечила у світовому масштабі більший виробіток електроенергії, ніж ТЕС (теплові електростанції), що працюють на кам'яному вугіллі. Відтак сонячна енергетика більше не є другорядною галуззю, а абсолютним лідером на ринку відновлюваної енергетики і рівноцінним гравцем на ринку енергетики як такої загалом.

Сонячні електростанції (СЕС) забезпечують максимальну генерацію електроенергії протягом теплої половини року (друга половина весни – літо – перша половина осені) і виключно у світлу пору доби з провалами генерування у хмарну погоду. Вітряні електростанції (ВЕС) – навпаки, протягом холодної половини року (друга половина осені – зима – перша половина весни) незалежно від часу доби з провалами генерування у випадку слабого вітру або його відсутності взагалі. Тому для забезпечення цілодобового і круглорічного електропостачання від СЕС і ВЕС необхідні системи акумулювання електроенергії (САЕ), які також успішно споруджуються. Наприклад, в Україні у 2025 році встановлено 200 МВт потужностей САЕ загальною ємністю 400 МВт·год. До речі, це рекордний показник у Східній Європі.