

ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ НА ВЕЛИКІЙ ВИСОТІ: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОТНОЇ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У доповіді досліджено сучасний стан та перспективи розвитку висотної вітроенергетики в Україні в умовах воєнного стану. Проведено порівняльний аналіз висотних вітроенергетичних установок з традиційними вітровими електростанціями, визначено їхні ключові переваги з точки зору енергетичної безпеки, ефективності використання вітрового потенціалу та екологічності.

Ключові слова: висотна вітроенергетика, відновлювані джерела енергії, енергетична безпека, вітрові електростанції

Abstract

The report examines the current state and prospects for the development of high-wind power in Ukraine. A comparative analysis of high-altitude wind power plants with traditional wind power plants is conducted, and their key advantages in terms of energy security, wind potential efficiency, and environmental friendliness are identified.

Keywords: high-wind energy, renewable energy sources, energy security, wind power plants

Вступ

Сучасний енергетичний сектор України зазнає суттєвих трансформацій, пов'язаних із необхідністю підвищення енергетичної безпеки, незалежності та переходу до відновлюваних джерел енергії. Вітроенергетика є одним із ключових напрямів цього переходу, оскільки забезпечує виробництво електроенергії без викидів парникових газів, розосередження об'єктів генерації, що ускладнює ураження ворогом. Як зазначають в групі ДТЕК, вітрова енергетика сьогодні є не лише прибутковим, але й найбезпечнішим видом енергії [1]. Головна технічна перевага висотних установок полягає в доступі до більш потужних та стабільних вітрових потоків. Потужність вітрового потоку пропорційна кубу швидкості вітру. Вже на висоті 50 метрів середня швидкість вітру в центральних областях України сягає 6 м/с і більше, що є економічно доцільним для генерації. Зі збільшенням висоти до 100-150 метрів, де працюють сучасні промислові турбіни, енергетичний потенціал зростає в рази, забезпечуючи стабільніший виробіток електроенергії [2]. Вітри на рівні 500-1500 м. сильніші та стабільніші.

Метою даної роботи є дослідження висотної вітрової енергетики та визначення доцільності її впровадження в Україні.

Результати дослідження

У довоєнний період основна концентрація проєктів вітрової енергетики припадала на прибережні зони Азовського та Чорного морів. Інвестори (DTEK, Elementum Energy, Total Eren) вкладали мільярди доларів, орієнтуючись на високий вітровий потенціал Півдня. Основні регіони розвитку півдні - Одеська, Миколаївська, Херсонська області, схід України - Запорізька, Донецька області. Через російську агресію у 2022-2023 роках більшість найбільших ВЕС (Ботієвська, Приморська, Орлівська) опинилися в окупації. Більшість турбін було зупинено, а частина — пошкоджена. Окупація Півдня змусила девелоперів шукати нові локації. В останні роки ВЕС активно розвиваються на заході: Львівська та Закарпатська область, з використанням специфічних гірських вітрів, Волинь. Висотні вітрові станції можна встановлювати у будь якому регіоні України із збереженням ефективності.

Ефективність системи визначається коефіцієнтом використання встановленої потужності:

$$K_{CF} = \frac{E_{annual}}{P_{rated} \times 8760}$$

Де Eannual - фактично вироблена енергія за рік, а Prated - встановлена потужність [3]. Для сучасних українських ВЕС цей показник становить 0,35–0,45, що є дуже високим результатом для сухопутних станцій. Проте наземні турбіни працюють у так званому "пограничному шарі" атмосфери, де вітер сповільнюється через рельєф поверхні, міську забудову. На висоті 1500 метрів вплив земної поверхні відсутній, тож швидкість вітру стабільна.

Один із варіантів використання висотного вітру запропонувала компанія Beijing SAWES Energy Technology Co. Ltd за підтримки Університету Цінхуа та Інституту аерокосмічної інформації Китайської академії наук вони розробили та випробували у 2024 році повітряну вітрову турбіну S1500, що працює на висоті близько 1500 м.

На висоті 1500 метрів швидкість вітру зазвичай у 2–3 рази вища, ніж на рівні моря. Згідно з законом потужності:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

подвоєння швидкості вітру дає у 8 разів більше енергії при тій самій ометальній площі. Традиційні ВЕС (навіть офшорні) часто страждають від "штилю". На висоті ж 1500 м. вітер дме близько 95% часу.

В основі конструкції лежить аеростат з кільцевим крилом, що створює ефект дифузора (гігантського повітропроводу). Усередині нього розміщено 12 невеликих турбін. Завдяки формі корпусу потік повітря всередині прискорюється, що дозволяє турбінам працювати ефективніше. Оскільки потужність вітру пропорційна кубу його швидкості, доступ до висотних потоків, які в 2-3 рази швидші за приземні, дозволяє отримувати колосальну кількість енергії при малих розмірах установки. Ефективність такої системи складає 60-70%, що практично вдвічі перевищує показники сучасних українських ВЕС. Окрім високої ефективності, така ВЕС має ряд переваг: мобільність, низька собівартість, відсутність шумового забруднення. Вона може оперативно забезпечити генерацію у місцях дефіциту, що постраждали від дій агресора. Поряд з тим, варто відзначити і ряд недоліків. Конструкція разом з тросом створює небезпеку для авіації та вимагає створення певної безпілотної зони. Ризик обриву – завжди є вірогідність обриву троса, що призведе до втрати станції та появу некерованого літаючого об'єкта. Вразливість до екстремальних погодних умов - на відміну від наземних турбін, які просто зупиняють лопаті під час буревію, така ВЕС потребує активного захисту, термінового приземлення-згортання.

На початку цього року було випробувано вдосконалену систему S2000, що працює на висоті 2000 м. і компанія заявила про комерційний успіх – перші замовлення, в тому числі на експорт.

Висновки

Висотна вітрова енергетика є надзвичайно перспективною, адже має високий коефіцієнт використання встановленої потужності, високу стабільність роботи в поєднанні із мобільністю та невисокою вартістю. З огляду на ряд недоліків вона не зможе в короткій перспективі замінити наземні ВЕС. Але в умовах активних військових дій, постійних ударів по українській енергетиці, вона може стати важливим стабілізаційним елементом в Україні та використовуватись комплексно поряд з традиційними ВЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нові переваги вітрових електростанцій в Україні: їх важче знищити (стаття The New York Times). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL. – <https://reform.energy/news/novi-perevagi-vitrovikh-elektrostantsiy-v-ukraini-ikh-vazhche-znishchiti-statya-the-new-york-times-21616> - дата звернення: 17.03.2026.
2. Вітрові електростанції: переваги і недоліки використання [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL. - <https://eco-cluster.org/2024/11/13/vitrovi-elektrostantsii-perevahy-i-nedoliky-vykorystannia/> - дата звернення: 17.03.2025.
3. Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. Wiley: 2010

Хороший Ярослав Олександрович – аспірант кафедри електричних станцій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: y.khoroshyi@ukr.net

Khoroshyi Yaroslav – PhD student at the Department of Electrical Power Stations and Systems, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: y.khoroshyi@ukr.net