

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Стещенко Андрій Андрійович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Огляд варіантів та розробка пропозицій по створенню гібридних систем
електропостачання для віддалених районів
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Стещенко А.А.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Л.Г.
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.і.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Стещенко А.А. Огляд варіантів та розробка пропозицій по створенню гібридних систем електропостачання для віддалених районів. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У контексті енергетичної безпеки та забезпечення сталого розвитку, питання електропостачання віддалених районів набуває особливої актуальності. Дана робота зосереджено на огляді існуючих варіантів та розробці пропозицій щодо створення гібридних систем електропостачання (ГСЕ) для таких територій.

Результати даної роботи сприятимуть розробці ефективних політик та програм, спрямованих на забезпечення енергетичної незалежності та сталого розвитку віддалених районів України.

Ключові слова: гібридні системи електропостачання, потенціал вітру, греблі, інвертор, турбіна.

ABSTRACT

Steshchenko A.A. Review of options and development of proposals for the creation of hybrid power supply systems for remote areas. Qualification work for obtaining a Bachelor's degree in specialty 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

In the context of energy security and ensuring sustainable development, the issue of power supply to remote areas is becoming particularly relevant. This work focuses on reviewing existing options and developing proposals for the creation of hybrid power supply systems (HPSS) for such territories.

The results of this work will contribute to the development of effective policies and programs aimed at ensuring energy independence and sustainable development of remote areas of Ukraine.

Keywords: hybrid power supply systems, wind potential, dams, inverter, turbine.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ВІТРЯНА ЕНЕРГІЯ: КОРИСТЬ ТА НЕДОЛІКИ	6
1.1 Типи вітрогенераторів	7
1.2 Домашні вітряні турбіни	14
Висновки по першому розділу	16
2. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ. СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ	17
2.1 Баштова СЕС: перспективи та обмеження Технології	17
2.2 Тарілчасті станції	18
2.3 Фотоелектричні станції	19
Висновки по другому розділу	21
3 ГІБРИДНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ВІДДАЛЕНИХ ДІЛЯНОК	22
3.1 Мережевий сонячний інвертор SOFAR	23
3.2 Схема гібридного підключення	26
3.3 Концепція інтегрованого водосховища	26
Висновки по третьому розділу	27
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Забезпечення надійного електропостачання віддалених районів є важливим завданням, яке сприяє їхньому економічному розвитку та соціальному добробуту. У зв'язку з обмеженим доступом до централізованих мереж, гібридні системи електропостачання, що поєднують різні джерела енергії, стають оптимальним рішенням. Цей огляд проаналізує можливі варіанти та запропонує рекомендації для їхнього впровадження.

Найбільш поширеними компонентами гібридних систем є дизель-генератори, сонячні панелі та вітрові турбіни. Дизель-генератори, хоча і забезпечують стабільне живлення, мають високу вартість палива та негативний вплив на навколишнє середовище. Сонячні панелі та вітрові турбіни, навпаки, використовують відновлювальні джерела енергії, але їхня продуктивність залежить від погодних умов.

Оптимальна конфігурація гібридної системи залежить від місцевих ресурсів та потреб. Для районів з високою інсоляцією рекомендується використовувати сонячні панелі як основне джерело енергії, доповнюючи їх дизель-генератором для забезпечення стабільності у періоди низької сонячної активності. В районах з постійними вітрами, вітрові турбіни можуть бути пріоритетним джерелом.

Важливим елементом гібридних систем є акумуляторні батареї, які дозволяють накопичувати надлишкову енергію та забезпечувати живлення у періоди, коли виробництво енергії відновлювальними джерелами є низьким. Також, використання інтелектуальних систем керування дозволяє оптимізувати роботу гібридної системи, враховуючи погодні умови, потреби споживачів та вартість різних джерел енергії.

Рекомендації для створення гібридних систем електропостачання для віддалених районів включають: детальне дослідження місцевих ресурсів, оцінку потреб споживачів, розробку оптимізованої конфігурації системи з урахуванням економічних та екологічних факторів, а також впровадження інтелектуальних систем керування для забезпечення максимальної ефективності та надійності.

Впровадження гібридних систем електропостачання сприятиме енергетичній незалежності та стійкому розвитку віддалених районів України.

У контексті енергетичної безпеки та забезпечення сталого розвитку, питання електропостачання віддалених районів набуває особливої актуальності. Дане дослідження зосереджено на огляді існуючих варіантів та розробці пропозицій щодо створення гібридних систем електропостачання (ГСЕ) для таких територій.

Метою кваліфікаційної роботи є визначення оптимальних стратегій впровадження ГСЕ, що дозволять забезпечити надійне, економічно вигідне та екологічно чисте електропостачання для віддалених районів, мінімізуючи їх залежність від централізованих мереж та викопного палива.

Основні задачі дослідження:

1. Провести огляд існуючих технологій відновлюваної енергетики (ВЕ) та їх потенціалу для інтеграції в ГСЕ.
2. Проаналізувати різні архітектури ГСЕ, включаючи вибір компонентів, системи зберігання енергії та стратегії управління енергопостачанням.
3. Визначити економічні та екологічні переваги та недоліки різних варіантів ГСЕ для віддалених районів з урахуванням специфічних місцевих умов.
4. Розробити конкретні пропозиції щодо впровадження ГСЕ, враховуючи технічну здійсненність, економічну доцільність та соціальні наслідки.

Предметом дослідження є технічні, економічні та екологічні аспекти проектування, впровадження та експлуатації ГСЕ на базі ВЕ для забезпечення електропостачання віддалених районів. Це включає аналіз різних джерел ВЕ (сонячна, вітрова, гідроенергія), систем зберігання енергії (акумулятори, гідроакумуляування, тощо), систем керування та інтеграції, а також оцінку впливу ГСЕ на навколишнє середовище та соціально-економічний розвиток віддалених громад.

Методи дослідження. Дослідження проводились з використанням положень теоретичних основ електротехніки, теоретичних основ релейного захисту, методів математичного моделювання.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

1. Слободенюк Р. В., Стещенко А. А.

ТЕНДЕНЦІЇ В ПОБУДОВІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ 31 жовтня 2024 року м. Житомир.

2. Стещенко А. А. ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

НАУКОВІ ЧИТАННЯ за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ 23 квітня 2025 р. м. Житомир

РОЗДІЛ 1

ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ВІТРЯНА ЕНЕРГІЯ: КОРИСТЬ ТА НЕДОЛІКИ

В умовах, коли населення росте в геометричній прогресії, а наші природні ресурси виснажуються через збільшення попиту, як ніколи важливо інвестувати у відновлювані джерела енергії. Наше споживання викопного палива як енергії, як було встановлено, є основною причиною екологічних проблем. Побічним продуктом споживання викопного палива є вуглекислий газ, який був названий основним компонентом, що веде до глобального потепління. Кількість вуглекислого газу, який хтось або щось виробляє, відома як його «вуглецевий слід». Засоби масової інформації зосередили увагу на цьому питанні, і багато зелених рухів почали намагатися зменшити наш «вуглецевий слід» [1].

Є лише кілька видів енергії, які не виробляють вуглекислий газ. Це ядерна енергетика та відновлювані джерела енергії вітру, сонця та води.

1.1 Типи вітрогенераторів

Відновлювані джерела енергії є найбільш чистими з цих джерел, оскільки як побічні продукти цих джерел не утворюються відходи. Ядерна енергія виробляє ядерні відходи, які можуть зайняти до 100 років, але не обмежуватись ними, перш ніж їх можна буде утилізувати належним чином. Вітряні турбіни використовувалися у всьому світі для вироблення електроенергії від прибережних вітряних електростанцій до невеликих вітрових турбін у житлових будинках. На рис.1 приклади вітряків [2].

Існує два основних типи вітрогенераторів. Дві загальні категорії вітряних турбін включають вітряні турбіни з вертикальною або горизонтальною віссю. Турбіни класифікуються за способом кріплення валу генератора. Вітряна турбіна з горизонтальною віссю була винайдена раніше, ніж вітряна турбіна з вертикальною віссю, що призвело до її популярності та широкого використання. На малюнку 3 показана схема цих двох типів систем.



Рис. 1 – Приклади різних систем вітряних турбін із горизонтальною віссю

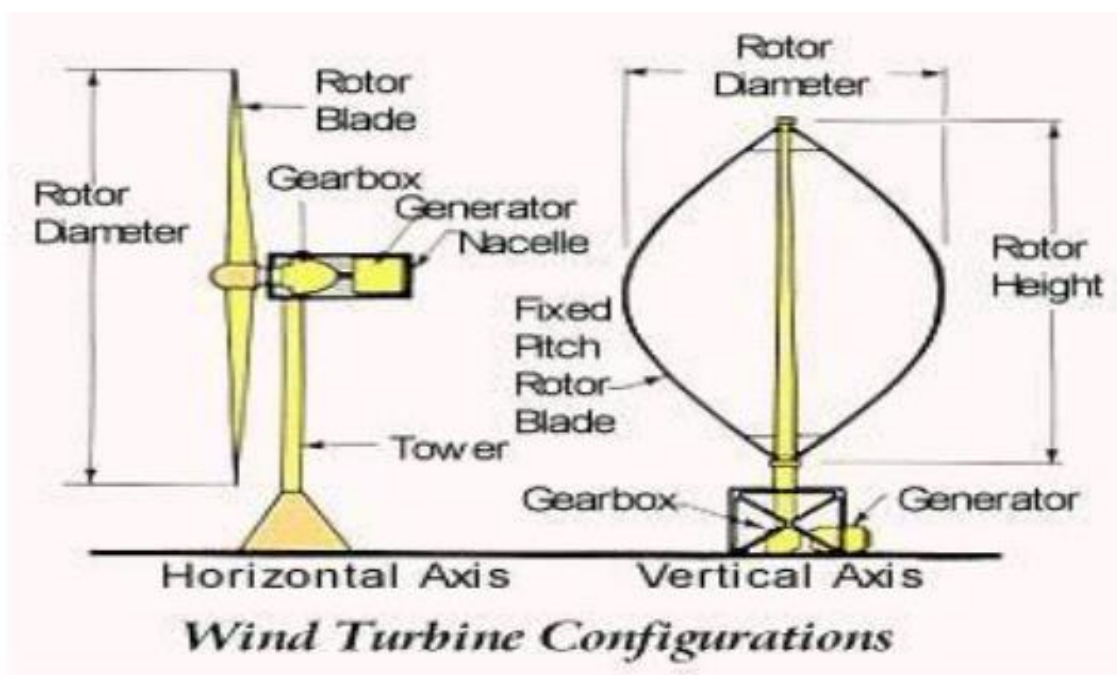


Рис. 2 – Вітряна турбіна з вертикальною віссю

У міру зростання населення світу та рівня життя постійно зростає попит на енергію. Це збільшення енергії створює значний попит на енергію, що створюється викопним паливом, кількість якого у світі обмежена, а викиди вуглецю можуть призвести до глобального потепління. Побоювання щодо скорочення природних ресурсів та побоювання з приводу значної зміни клімату внаслідок спалювання викопного палива викликали великий інтерес у всьому світі до чистої відновлюваної енергії, яка може задовольнити потреби світу в

електроенергії. Однією з найпоширеніших стратегій є використання вітряних турбін, які виробляють електроенергію з вітру.

Вітер генерується із сонячної енергії, яка нерівномірно нагріває землю. Це нерівномірне нагрівання створює зміни тиску в атмосфері, створюючи вітер. Потім цей вітер можна використати за допомогою вітряної турбіни. Коли вітер штовхає лопаті турбіни, генератор прикріплюється до осі валу і при обертанні виробляє електрику, яку можна відправити в мережу та використовувати в домашніх господарствах для виробництва електроенергії.

Вітряні турбіни - це чистий спосіб вироблення електроенергії, але з ними також пов'язано багато серйозних проблем. Одна з проблем полягає в тому, що їх проектування та встановлення надзвичайно дорогі, а для достатньої кількості енергії для населених пунктів і міст потрібне місце для вітряних електростанцій. Інша проблема полягає в тому, що вони повинні бути створені в місцях, де достатньо енергії вітру для виробництва достатньої кількості електроенергії, щоб виправдати вартість машини [3].

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot S, \quad (1)$$

Де P – потужність вітру;

V – швидкість вітру;

ρ – щільність повітря;

S – площа поперечного перерізу потоку.

Рівняння вказує на важливість швидкості вітру для вироблення електроенергії, оскільки вироблення електроенергії збільшується пропорційно до збільшення вітру до третього ступеня. Знання питомої потужності дозволить розмістити вітряні турбіни в ефективних місцях вироблення електроенергії.

На рис.3 показані райони з різними значеннями потужності вітру в яких доцільно використовувати вітрові електростанції.

ВІТРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ

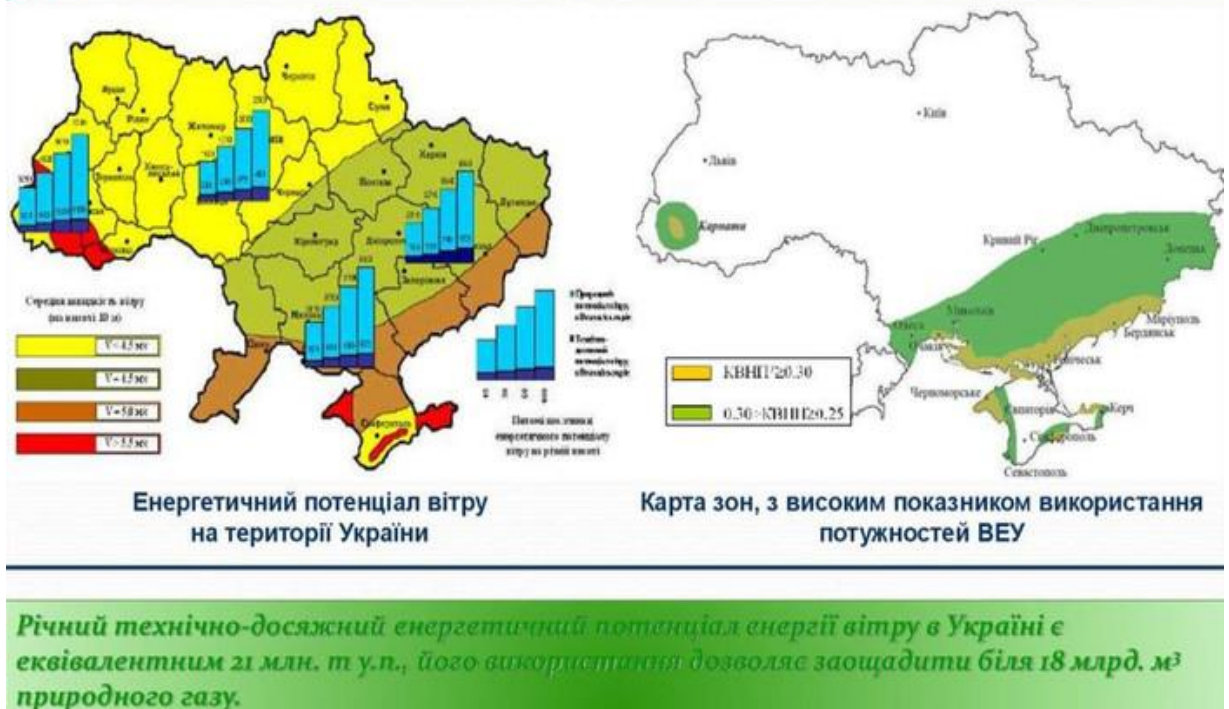


Рис.3 – Енергетичний потенціал вітру на території України [4].

Ще одним важливим фактором є висота ротора турбіни. Одна з основних причин, через яку вартість вітряних турбін настільки висока, полягає в тому, що чим вище висота розташування турбіни, тим вища швидкість вітру, що, у свою чергу, збільшує вихідну потужність генератора. Рівняння 2 є модель потужності, яка оцінює вплив висоти на вітер.

$$V(z) = V_{(z_{ref})} \cdot \left[\frac{z}{z_{ref}} \right]^a, \quad (2)$$

Де $V_{(z_{ref})}$ — це контрольна точка, яку можна знайти на діаграмі;

z — це висота над землею;

a — показник ступеня, який впливає геометрія поверхні землі і який необхідно досліджувати.

На рис. 4 представлено рівняння 2 залежно від висоти, щоб показати, як експоненційно швидкість вітру впливає на вихідну потужність.

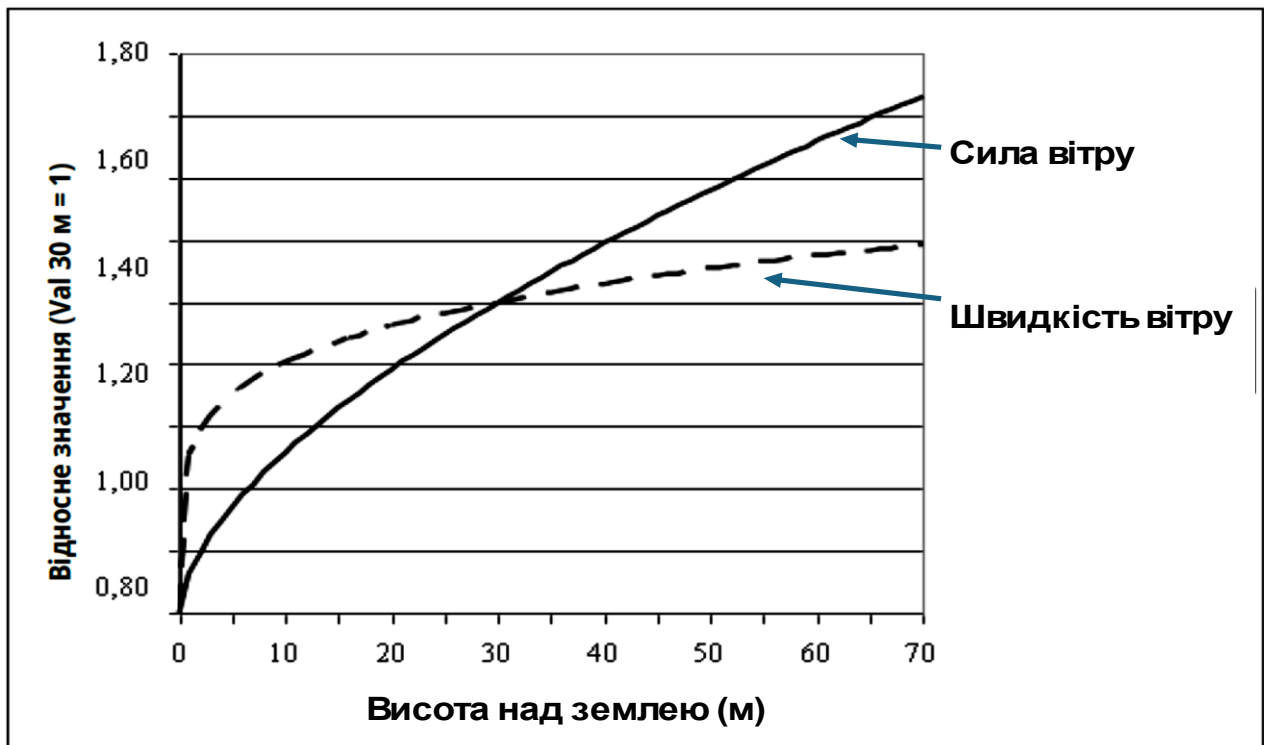


Рис. 4 – Залежність висоти від швидкості та сили вітру

Як показано на рисунку 4, на висоті нижче 30 м швидкість вітру зростає швидше, ніж відповідна щільність потужності. Однак, при досягненні висоти 30 м, щільність потужності збільшується швидше, ніж збільшується швидкість вітру. Це свідчить про те, що чим вище вітряна турбіна, тим більше енергії можна отримати від турбіни. Коефіцієнт потужності представляє собою відсоток потужності, що отримується вітровим двигуном через площу, охоплену лопатями турбіни. Рівняння показує, як розрахувати коефіцієнт потужності [5].

$$C_p = 4 \cdot \frac{V_1^2}{V_u^2} \left[1 - \frac{V_t}{V_u} \right], \quad (3)$$

де C_p — коефіцієнт потужності;

V_u — швидкість вітру, коли він наближається до вітряної турбіни;

V_t — швидкість вітру, коли він проходить через площу лопатей турбіни [31].

Максимально теоретично можливий коефіцієнт потужності називається межею Бетца, що дорівнює 0,593. Більшість сучасних турбін сьогодні мають коефіцієнт потужності від 0,3 до 0,4. Рівняння 4 визначає відношення швидкості

краю лопаті як відношення швидкості краю лопаті до швидкості вітру. Рівняння для відношення швидкостей наконечника описано нижче:

$$\lambda = \frac{\Omega \cdot R}{V_u}, \quad (4)$$

де λ — передатне число;

Ω — швидкість обертання ротора в радіанах за секунду;

R — радіус ротора в метрах;

V_u — швидкість вітру.

Двома основними класифікаціями вітряних турбін є вітряні турбіни з горизонтальною та вертикальною віссю. Найбільш поширені вітряні турбіни з горизонтальною віссю, лопаті яких обертаються навколо осі, паралельної землі.

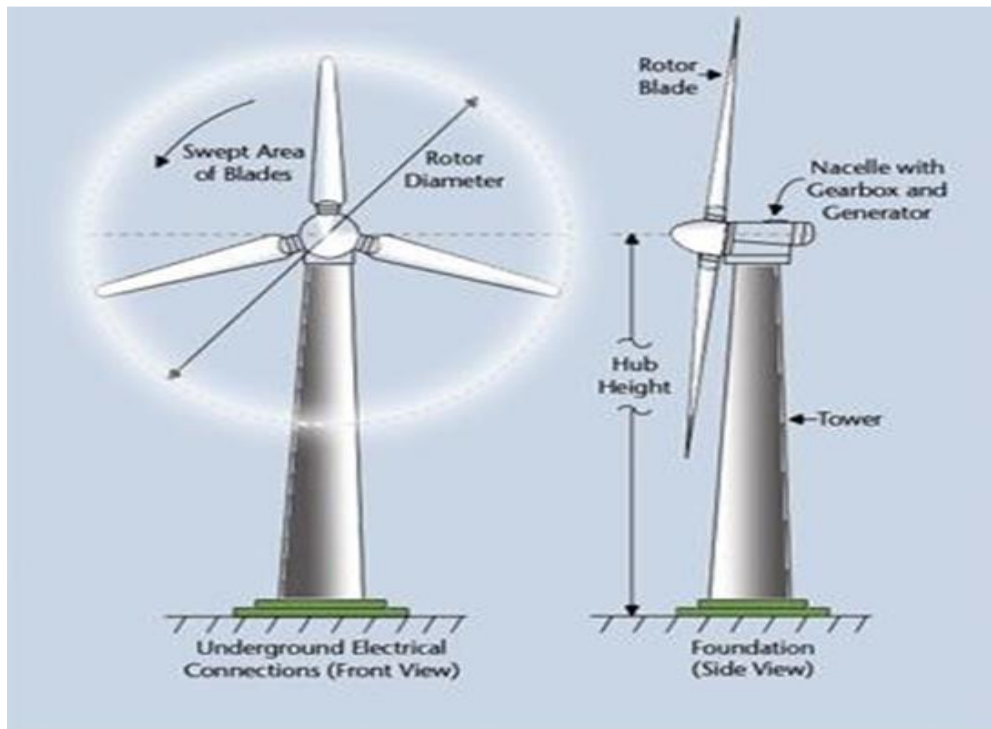


Рис. 5— Вітряк із горизонтальною віссю

На рис. 5 показана типова вітряна турбіна з горизонтальною віссю. Горизонтальна вісь осі прикріплена підшипниками у верхній частині вежі, де лопаті також прикріплені до осі.

Під пахвою западина укладена в гондолу. У гондолі розташовані редуктор і генератор. менший тиск на верхню частину лопаті, створюючи підйомну силу та створюючи обертальний рух.

Іншою основною класифікацією вітрових турбін є вітрові турбіни з вертикальною віссю. Ці турбіни обертаються навколо вертикальної осі. На рис. 6 показано приклад вітрової турбіни Дар'є з вертикальною віссю. Ця турбіна є прикладом промислово використовуваної турбіни з вертикальною віссю. Однією з основних проблем з вітровими турбінами з вертикальною віссю є те, що для початку обертання турбіни потрібна початкова сила. Інша проблема полягає в тому, що їх важко проектувати для великих висот. Лопаті вітрової турбіни з вертикальною віссю можуть використовувати конструкцію аеродинамічного профілю, таку як у турбіни Дар'є; однак вітрова турбіна з вертикальною віссю також може використовувати лопаті, обернені прямо до вітру показано на рис. 7.



Рис. 6 - Турбіна Дар'ї



Рис. 7 - Вітрогенератор з вертикальною віссю

1.2 Домашні вітряні турбіни

Домашні вітряні турбіни відносно нова область, яку компанії хочуть вивчити. В даний час домашні турбіни, які можна встановити на даху будинку, занадто дорогі і не виробляють достатньо електроенергії, щоб забезпечити беззбитковість протягом очікуваного терміну служби машини. В даний час багато компаній вивчають спосіб зниження цін на персональні вітряні турбіни, щоб зробити їх доступними для ринку пересічному громадянину, підключеному до мережі і не бажаючий втрачати гроші на вітряну турбіну тільки для того, щоб принести користь навколишньому середовищу.

Прикладом домашньої вітряної турбіни є система Bergey потужністю 1 кВт, початкова вартість якої становить близько 6000 доларів, а термін служби становить 20 років рис. 8. Незалежне дослідження дійшло висновку, що ця система в середньому генеруватиме 100 кВт годин на місяць. За такого тарифу громадянин, який використовує систему, по суті, платить 26 центів за кВт

протягом 20 років роботи системи, що дорожче, ніж просто купувати електроенергію з мережі.

Середнє домогосподарство використовує близько 11500 кВт-год на місяць, тому ця система генеруватиме лише 1/12 від середньої системи домогосподарства. Навіть система Bergeys потужністю 10 кВт при швидкості вітру 10 миль на годину виробляє всього близько 30 000 кВтг на рік за набагато більших початкових витрат [6].



Рис. 8 – Система Bergey 1кВт

Є особисті вітряні турбіни, які можна прикріпити до вежі у дворі, що економічно вигідно, але для них потрібна земельна ділянка та дозволи. У багатьох містах та міських поселеннях земельна ділянка та дозволи не є варіантом. Розміщення вітряних турбін на дахах є вирішенням більшості проблем із дозволами та простором. Однак, як і описаний вище Bergey, вони неекономічні та мають інші проблеми, тому лише 1% персональних вітряків встановлені на дахах. Деякі не пов'язані з витратами проблеми турбін, встановлених на дахах, є вібрації, що призводять до структурних пошкоджень даху, і шум, який турбує мешканців будинку. Ще одна проблема, яка відмовляє споживачів від використання вітряних турбін, - це постійний шум, що гуде, що виникає, коли турбіна виробляє електроенергію.

Висновки по першому розділу.

Вітряна енергія, як відновлювальне джерело, набуває все більшої популярності у контексті глобальних зусиль, спрямованих на декарбонізацію енергетичного сектору. Її використання, безперечно, має низку значних переваг, але також супроводжується певними недоліками, які потребують уважного розгляду.

Одним з ключових позитивних аспектів є екологічна чистота. Вітряні електростанції не викидають парникові гази та інші забруднюючі речовини в атмосферу, сприяючи покращенню якості повітря та сповільненню кліматичних змін. Більше того, вітер – невичерпний ресурс, що забезпечує енергетичну незалежність та стабільність поставок. Крім того, розвиток вітроенергетики створює нові робочі місця у виробництві, будівництві та обслуговуванні вітряних турбін, стимулюючи економічне зростання.

Однак, поряд з цим, існують і суттєві недоліки. Вітряна енергія залежить від погодних умов, що призводить до нестабільності та періодичності виробництва. Необхідність у резервних джерелах енергії для забезпечення безперебійного постачання може суттєво збільшити загальну вартість електроенергії.

Враховуючи всі фактори, вітряна енергія представляє собою перспективне, але не позбавлене проблем, рішення у сфері енергетики. Збалансований підхід, що враховує як переваги, так і недоліки, та передбачає постійний розвиток технологій, необхідний для максимізації користі від використання цього відновлювального джерела та мінімізації його негативного впливу.

2. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ. СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ

Сонячна енергія не менш популярна, ніж енергія вітру. Існує кілька типів сонячних станцій.

2.1 Баштова СЕС: перспективи та обмеження Технології

Баштова сонячна електростанція (БСЕС) (рис.9) являє собою перспективну технологію у сфері відновлюваної енергетики. Її принцип роботи полягає у фокусуванні сонячного випромінювання за допомогою великої кількості геліостатів на центральний приймач, розташований на вершині вежі. Отримана теплова енергія використовується для генерування пари, яка приводить в дію турбіну та виробляє електроенергію.

Однією з ключових переваг БСЕС є висока концентрація сонячної енергії, що дозволяє досягати вищих температур у порівнянні з іншими сонячними технологіями, як-от фотоелектричні панелі. Це сприяє підвищенню термічної ефективності та потенційному накопиченню теплової енергії для подальшого виробництва електроенергії за потреби. БСЕС також може бути інтегрована з системами когенерації, виробляючи не лише електроенергію, а й тепло для промислових процесів або опалення.

Проте, технологія БСЕС має і свої обмеження. Висока вартість будівництва, зокрема, через необхідність у значній площі для розміщення геліостатів та складній системі управління фокусуванням, є суттєвою перешкодою для широкого розповсюдження.

У підсумку, баштова СЕС залишається цікавим напрямом досліджень та розробок у сфері відновлюваної енергетики. Її потенціал полягає у забезпеченні стабільного та регульованого виробництва електроенергії, але для конкурентоспроможності необхідно подолати існуючі економічні та технологічні бар'єри. Подальші інновації, спрямовані на зниження вартості будівництва та підвищення ефективності, є критично важливими для розвитку цієї перспективної технології[7].



Рис. 9 - Баштова СЕС

2.2 Тарілчасті станції

Тарілчасті станції дуже схожі з баштовими, але на відміну від них кожен елемент є своєю системою для вироблення енергії. Кожна «Тарілка» має як розсіювач, так і приймач, на який фокусується сонячне світло рис.10.



Рис. 10 – Тарілкова СЕС

Також за основу нагрівання теплоносія береться і наступний тип параболоциліндричні станції концентраторні. Тільки на відміну від попередніх вони розташовані північ-південь, але також обертаються слідом за денним світилом. У центрі механізму на невеликій відстані від дзеркал знаходиться труба

з рідким елементом, на якому зосереджується отримана протягом дня сонячна енергія. Весь процес у тому, щоб рідкий теплоносіє передає свою енергію на обертання турбіни вироблення самої електроенергії [8].



Рис. 11 – Параболоциліндричні концетраторні СЕ

2.3 Фотоелектричні станції

Фотоелектричні станції, напевно, найпопулярніший і найпоширеніший спосіб видобутку електроенергії, бо для вироблення не потрібно мати складну систему, в якій необхідно нагрівати рідкий елемент або сіль для подальшого обертання турбіни, а досить просто мати фотоелемент «батарею», засновану на базі кремнієвих елементів, яка займатиметься виробленням енергії сама [9] рис. 12. Такий підхід ідеально підходить для забезпечення енергією невеликих об'єктів або приватних будинків, що впливає на великий попит таких елементів



Рис. 12 – Фотоелектричні сонячні електростанції

Наступний тип є найбільш екологічним та природним. Сонячна-вакуумні станції використовують природний потік повітря, який створюється вітрами (рис. 13). Споруджується скляно-дзеркальний простір на поверхні землі, в центрі якого розташовується башта з турбіною на вершині і повітря, що проходить над скляним покриттям, нагрівається і прагне вгору по вежі, що, безсумнівно, створює потік гарячого повітря через турбіну, обертання якої і виробляє енергію. Подібна потяг зберігає свою силу аж до завершення сонячного дня [9].

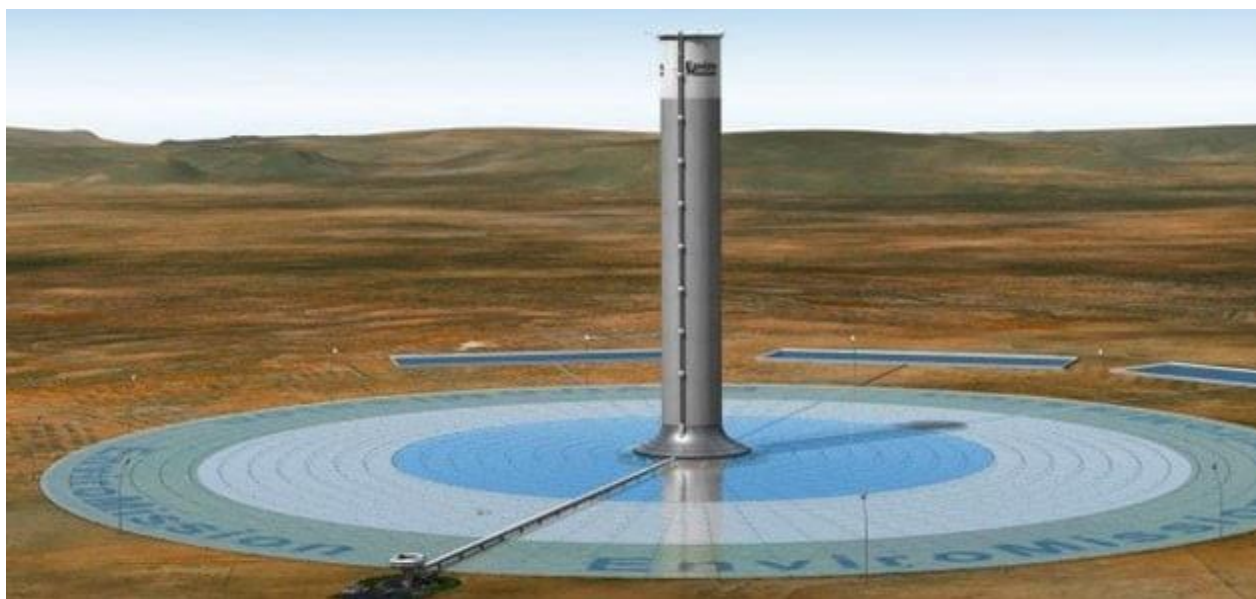


Рис. 13 – Вакуумні СЕС

Фінальний тип, ідеально підходить для домашнього приватного використання сонячної енергії. Комбінований тип утворюється шляхом поєднання кремнієвих сонячних батареї із системою гарячого водопостачання чи опалення будинку рис. 14. Спільне отримання електрики та тепла найкращий варіант індивідуальної експлуатації даної споруди. Така система може бути ідеальним доповненням до повністю автономного житла. Комбінувати таку систему спільно з вітрогенераторами та малою гідроелектростанцією, якщо житло знаходиться безпосередньо поруч із гірською або малою річкою створить ідеальні умови для повністю автономного життя незалежно від загальної мережі енергопостачання [10].



Рис. 14 – Комбінована система

Висновок по другому розділу

Сонячна енергія, як відновлювальне джерело, набуває все більшої популярності в контексті глобального переходу до більш екологічної енергетики. Її використання, безсумнівно, має низку вагомих переваг, але також супроводжується певними обмеженнями.

Однією з ключових переваг сонячної енергії є її екологічна чистота. Виробництво електроенергії за допомогою сонячних панелей не супроводжується викидами шкідливих речовин в атмосферу, що робить її значно екологічнішою альтернативою традиційним джерелам енергії, таким як викопне паливо. Крім того, сонце – це практично невичерпне джерело енергії, доступне у більшості регіонів світу, що сприяє енергетичній незалежності та безпеці.

Однак, використання сонячної енергії має й недоліки. Найбільш суттєвим є залежність від погодних умов та часу доби. Ефективність сонячних панелей суттєво знижується в умовах хмарності, вночі або взимку. Це вимагає використання систем зберігання енергії, які є досить дорогими, або поєднання з іншими джерелами енергії для забезпечення стабільного енергопостачання.

Отже, сонячна енергія, хоча й представляє собою перспективне рішення для забезпечення сталого енергетичного майбутнього, потребує подальшого розвитку технологій зберігання енергії та оптимізації процесу виробництва для мінімізації її екологічного впливу та підвищення економічної ефективності.

3. ГІБРИДНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ВІДДАЛЕНИХ ДІЛЯНОК

Можливе встановлення гібридних будинків, з підключенням усіх джерел: мікро ГЕС, вітряк, сонячні батареї. Для такого підключення необхідно мати потужний багатоканальний інвертор (рис. 40) до 50-100 кВт, який буде оснащений каналами з контролерами для прийому та передачі енергії з трьох джерел і перенаправити або в батареї, або споживачу. Такий інвертор представлений на рис.15.

3.1 Мережевий сонячний інвертор SOFAR



Рис. 15 – Інвертор мережі SOFAR 100000TL 3-фази

Мережевий сонячний інвертор SOFAR 100000TL представляє собою потужний пристрій, призначений для перетворення постійного струму, генерованого сонячними панелями, в змінний струм, придатний для подачі в електричну мережу. Дана модель, з номінальною потужністю 100 кВт, орієнтована на використання в промислових сонячних електростанціях та великих комерційних об'єктах.

Цей інвертор повністю підходить для побудови геліосистеми для економії та продажу електроенергії в мережу (об'єкт мікрогенерації). Інвертори серії TL мають унікальну вбудовану функцію -можливість зниження потужності за командою делімітера (пристрою, що відстежує передачу електроенергії до мережі). Датчики делімітера встановлюються перед лічильником, якщо визначається віддача електроенергії в мережу, делімітер дає команду інвертору знизити потужність, що виробляється. Тим самим запобігає віддачі електроенергії в мережу. Мережевий інвертор використовується лише спільно з міською мережею, принцип його роботи полягає у підмішуванні (додаванні) енергії, що виробляє сонячна батарея у вашу мережу для забезпечення додаткового навантаження чи економії. Наприклад, якщо поточне споживання на вашому об'єкті 10 кВт * год, а сонячні батареї виробляють 6 кВт * год, то з міської мережі ви візьмете всього 4кВт * год, а 6 кВт * год, що залишилися, у вашу мережу увіллє мережевий інвертор [11]. Впровадження таких потужних інверторів є ключовим фактором для досягнення цілей енергетичної незалежності та забезпечення сталого розвитку.

Таблиця 1 – Технічні характеристики SOFAR 100000TL:

Модель	SOFAR 100000TL 3-фази
Тип пристрою	Без трансформаторів SOFAR 100000TL 3-Фази
Потужність	100 кВт
Гарантія	5 років
Вхід (постійна напруга):	

Максимальна потужність DC	130 кВт
Максимальна входна напруга	1100 В Постійний струм
Мінімальна (пускова) напруга	250 В Постійний струм
Номінальна напруга постійного струму	600 В Постійний струм
Діапазон напруги MPP	200 В ~ 1000 В
Діапазон напруги повного навантаження MPPT	530 В ~ 800 В
Кількість контролерів відстеження MPPT	10
Кількість входів постійного струму (на MPPT)	2
Максимальний струм (для кожного контролера MPPT)	26 А
Вихід (напруга змінного струму):	
Номінальна потужність AC	100 кВт
Максимальна потужність AC	100 кВт
Номінальна напруга	3/N/PE, 3/PE, 230/400Vac
Діапазон вихідної напруги	310В - 480В
Піковий струм AC	160 А
Номінальна частота	50Гц / 60Гц
Діапазон частот	47~53 / 57~63Hz (Згідно з місцевими стандартами)
Коефіцієнт потужності ($\cos\theta$)	1
Відхилення (THD%)	<3%
Кількість фаз	3
Максимальна ефективність	99%

3.2 Схема гібридного підключення

Об'єднані системи можна буде розміщувати в карпатському регіоні. Приклад такої системи показаний на рис.16.

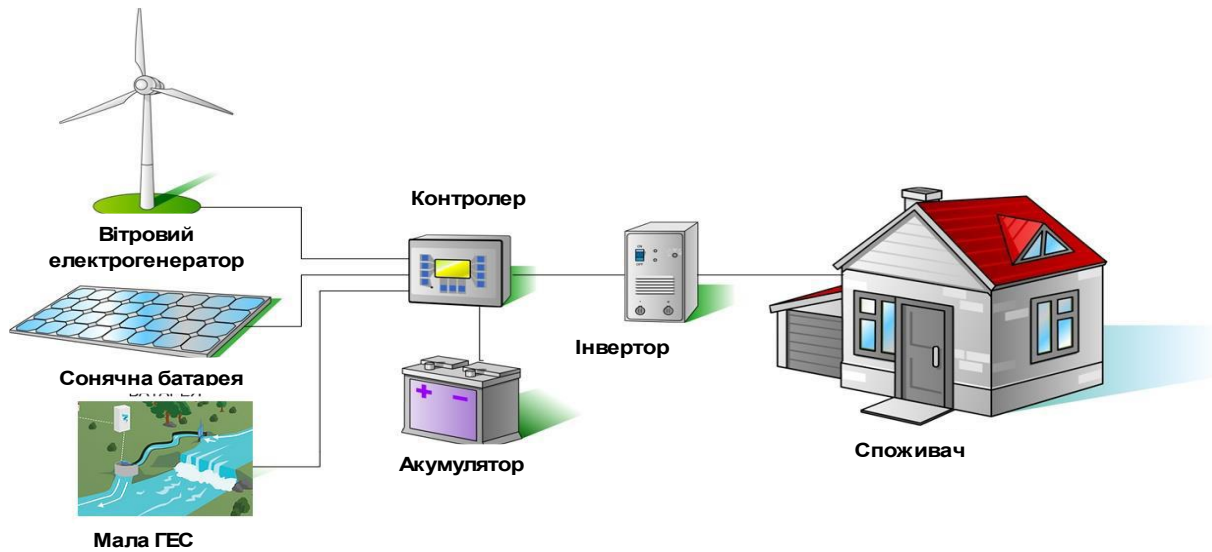


Рис. 16 – Гібридне підключення

Вітровий електрогенератор (Wind Turbine): Пристрій, який перетворює кінетичну енергію вітру в електричну енергію. Він зазвичай складається з лопатей, які обертаються під дією вітру, приводячи в рух генератор для виробництва електроенергії[12].

Сонячна батарея (Solar Panel): Панель, призначена для поглинання сонячного світла та перетворення його в електроенергію. Сонячні панелі складаються з фотоелектричних елементів, які вловлюють сонячну енергію, забезпечуючи відновлюване джерело енергії.

Мала ГЕС (Small Hydro Power Plant): Об'єкт, який генерує електроенергію, використовуючи енергію потоку води з річок або струмків. Зазвичай виробляє до 10 мегават потужності та вважається джерелом відновлюваної енергії.

Контролер (Controller): Електронний пристрій, який керує вихідною потужністю та зберіганням для систем відновлюваної енергетики. Він регулює потік енергії від джерел (таких як сонячні панелі або вітрові турбіни) до акумуляторів і споживачів, щоб забезпечити стабільність та ефективність.

Інвертор (Inverter): Пристрій, який перетворює електроенергію постійного струму (DC), що генерується сонячними панелями або акумуляторами, в

електроенергію змінного струму (АС), яка використовується більшістю побутових приладів і національною електромережею.

Акумулятор (Battery): Пристрій для зберігання, який утримує електричну енергію для подальшого використання. У системах відновлюваної енергетики акумулятори зберігають надлишкову енергію, вироблену сонячними панелями або вітровими турбінами, для використання, коли виробництво низьке або попит високий.

Споживач (Consumer): суб'єкт, такий як домогосподарство або підприємство, який використовує електричну енергію для різних потреб. Споживачі можуть отримувати електроенергію з відновлюваних джерел або з електромережі, залежно від наявності.

3.3 Концепція інтегрованого водосховища

Концепція інтегрованого водосховища енергоресурси передбачає багатофункціональне використання штучної водойми, що поєднує в собі акумуляцію прісної води та генерування електроенергії, а також може включати інші суміжні функції. Цей підхід, особливо актуальний в умовах зростаючого дефіциту як водних, так і енергетичних ресурсів, ґрунтується на синергії між цими двома стратегічно важливими сферами.

Суть концепції полягає у використанні водосховища не лише для забезпечення водопостачання та іригації, але й для виробництва електроенергії за допомогою гідроелектростанцій (ГЕС). ГЕС, в свою чергу, можуть відігравати ключову роль у балансуванні енергосистеми, забезпечуючи швидке реагування на коливання попиту та пропозиції. Крім того, інтеграція ГЕС з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні та вітрові електростанції, дозволяє компенсувати їхню змінність та забезпечити більш стабільне енергопостачання.

Інтегроване водосховище може також включати інші функції, такі як: рекреація, рибальство, регулювання повеней, покращення екологічного стану річки нижче греблі. Однак, реалізація цієї концепції вимагає комплексного підходу, врахування потенційних екологічних наслідків, ретельного планування

та оптимізації режимів роботи водосховища для забезпечення балансу між різними потребами.

Таким чином, концепція інтегрованого водосховища енергоресурси представляє собою перспективний шлях до більш ефективного та сталого використання водних та енергетичних ресурсів, сприяючи економічному розвитку та екологічній безпеці. Для більш доступних місць, де розташовуються великі селища, можна використовувати таку схему підключення (Концепція інтегрованого водосховища) як на рис.17.

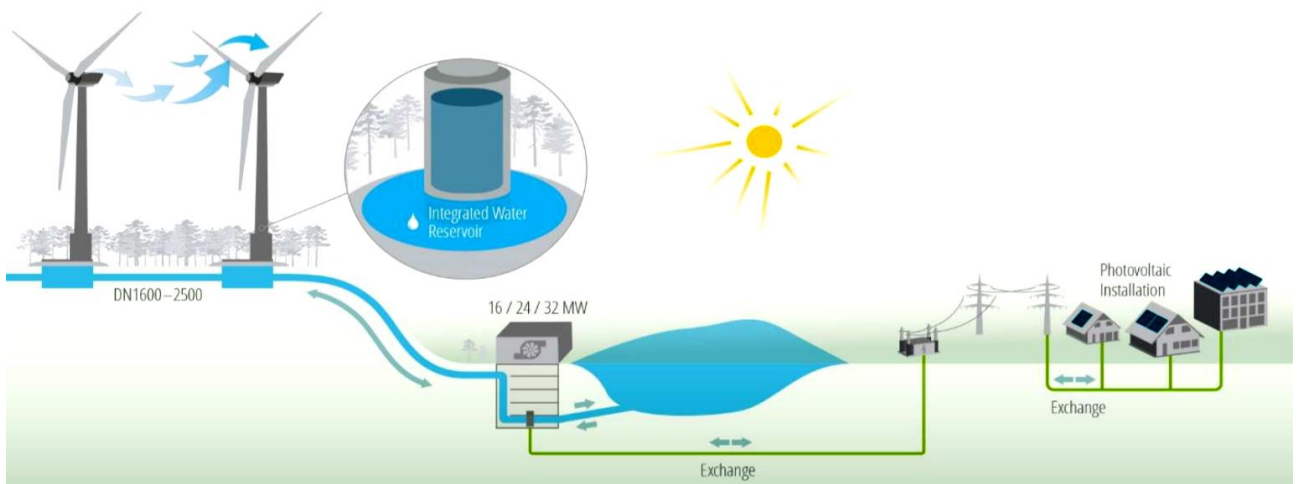


Рис. 17 – Гібридна станція

Концепція інтегрованого водосховища, що поєднує акумулювання водних ресурсів та генерацію електроенергії, представляє собою перспективний підхід до збалансованого використання обмежених природних благ. У цьому контексті, проект із специфікаціями DN1600-2500, 16/24/32 MW Фотоелектрична установка, Exchange/Exchange, передбачає синергетичне використання сонячної енергії для оптимізації роботи водосховища та забезпечення сталого енергопостачання.

Розмір трубопроводу (DN1600-2500) вказує на значний об'єм водосховища, призначеного для задоволення потреб промисловості, сільського господарства або побутового споживання. Водночас, інтеграція фотоелектричної установки потужністю 16, 24 або 32 МВт свідчить про прагнення до самозабезпечення

електроенергією, необхідною для функціонування насосних станцій, систем моніторингу та інших об'єктів інфраструктури водосховища.

Варто звернути увагу на елемент "Exchange/Exchange", який, ймовірно, позначає можливість обміну енергією з зовнішніми енергосистемами. Це дозволяє не лише ефективно використовувати надлишок виробленої сонячної енергії, а й забезпечувати стабільне енергопостачання водосховища у періоди низької сонячної активності.

Висновок по третьому розділу

Віддалені ділянки, часто позбавлені доступу до централізованих енергетичних мереж, потребують надійних та економічно обґрунтованих рішень для забезпечення електроенергією. У цьому контексті гібридні системи енергопостачання набувають все більшої популярності.

Гібридні системи інтегрують декілька джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни, дизель-генератори та накопичувачі енергії (акумулятори), для забезпечення стабільного та безперебійного енергопостачання. Їх перевага полягає у гнучкості, адаптивності до місцевих умов та можливості оптимізації використання різних ресурсів. Наприклад, сонячна енергія може бути основним джерелом живлення в денний час, а вітрова енергія та дизель-генератор можуть забезпечувати електроенергію вночі або під час несприятливих погодних умов.

Важливою складовою гібридних систем є системи керування енергією, які оптимізують роботу різних компонентів для мінімізації витрат та максимізації ефективності. Вибір оптимальної конфігурації гібридної системи залежить від багатьох факторів, включаючи доступність місцевих ресурсів, енергетичні потреби та економічні обмеження.

Впровадження гібридних систем енергопостачання для віддалених ділянок не лише забезпечує надійний доступ до електроенергії, але й сприяє зменшенню залежності від викопного палива, знижує викиди парникових газів та стимулює розвиток місцевої економіки. Розробка та впровадження цих систем вимагає комплексного підходу, що включає технічну експертизу, економічний аналіз та врахування соціальних аспектів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто відновлювані джерела енергії, вітряна та сонячна електроенергія - користь та недоліки, гібридні системи енергопостачання для віддалених ділянок.

Вітрова та сонячна енергетика є важливими складовими глобального переходу до відновлюваних джерел енергії. Їх використання пропонує низку значних переваг, включаючи зменшення викидів парникових газів, диверсифікацію енергетичних джерел та зниження залежності від викопного палива. Однак, поряд з цим, існують і певні недоліки, які необхідно враховувати.

До основних переваг вітрової енергетики слід віднести високий коефіцієнт корисної дії та великий потенціал. Сонячна енергетика, у свою чергу, вирізняється модульністю та можливістю інтеграції в існуючу інфраструктуру. Проте, обидва види енергії характеризуються непостійністю виробництва, що залежить від погодних умов. Вітрові електростанції можуть бути гучними та візуально неприємними, а сонячні панелі потребують значних площ.

Для віддалених ділянок, де підключення до централізованої мережі електропостачання є дорогим або неможливим, перспективним рішенням є використання гібридних систем енергопостачання. Такі системи комбінують вітрові та сонячні електростанції з акумуляторними батареями та, можливо, резервним генератором на викопному паливі. Це дозволяє забезпечити стабільне електропостачання, компенсуючи непостійність окремих джерел.

Використання гібридних систем є економічно вигідним у довгостроковій перспективі, адже зменшує витрати на транспортування палива та експлуатацію дизельних генераторів. Крім того, це сприяє децентралізації енергопостачання та підвищує енергетичну незалежність віддалених громад.

Таким чином, вітрова та сонячна енергетика є перспективними джерелами енергії, які, незважаючи на певні недоліки, можуть ефективно використовуватись, особливо у складі гібридних систем для забезпечення електропостачання віддалених районів. Подальші дослідження та розробки в цій галузі сприятимуть підвищенню їх ефективності та зниженню собівартості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Що таке альтернативні джерела енергії та яке у них майбутнє
<https://sonergia.com.ua/ru/alternatyvnye-ystochnyky-energyy/>
2. Вітрова електростанція - <https://uk.wikipedia.org/wiki>
3. Вітрові турбіни або Вітряки - <https://usain.ua/blog/wind-rotors/>
4. <https://naurok.com.ua/prezentaciya-do-uroku-elektroenergetika-ukra-ni-114738.html>
5. Енергія вітру та вітроенергетика
<https://alteco.in.ua/technology/vetroenergetika>
6. Germany generates record amount of electricity from wind /
/ <https://thehill.com/> : сайт. – URL: <https://thehill.com/policy/energy-environment/3798820-germany-generates-record-amount-of-electricity-from-wind/>
7. Сонячна електростанція баштового типу.
<https://alternative-energy.com.ua/sonyachna-elektrostantsiya-bashtovogo-tipu/>
8. Принципи роботи різних типів сонячних електростанцій
<https://joule.net.ua/ua/articles/princzipi-roboti-riznikh-tipiv-sonyachnikh-elektrostantsij>
9. Фотоелектричні системи
<https://www.warm.com.ua/fotoelektrychni-systemy/>
10. Сонячні електростанції для приватних домогосподарств
<https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/?srsId=AfmBOorYmMe1R0xxJA4W6u8DvX0u7eE9gQCWXUaubx2fBPJbO1-Kn5JO>
11. Мережевий інвертор SOFAR 100KTL <https://line-llc.com/zeleno-energetika/invertori-sofar/merejevuy-invertor-SOFAR-100KTL>
12. Схеми підключення вітрогенераторів і сонячних панелей з основною мережею <https://alternative-energy.com.ua/shemi-pidklyuchennya-vitrogeneratoriv-i-sonyachnih-panelej-z-osnovnoyu-merezheyu/>
13. Концепція інтегрованого водосховища
<https://ep3.nuwm.edu.ua/25766/1/%D0%9F%D1%96%D0%BD%D1%87%D>