

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет ветеринарної
медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького
Факультет механіки енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

“Обґрунтування параметрів системи енергозабезпечення індивідуальних споживачів на основі використання відновлюваних джерел енергії”

Виконав: студент VI курсу групи Ен-62
Спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гассовський Богдан Вадимович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Кригуль Р. Є.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент Луб П. М.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет ветеринарної
медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького
Факультет механіки енергетики та інформаційних технологій
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри _____

доцент, к.т.н., С.В. Сиротюк

“_28_” лютого_2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Гассовському Богданові Вадимовичу

1. Тема роботи: ***“Обґрунтування параметрів системи енергозабезпечення індивідуальних споживачів на основі використання відновлюваних джерел енергії”***

Керівник роботи _____ Кригуль Роман Євгенович, канд. техн. наук, доцент

затверджені наказом Львівського ЛПУВМБ № 140 / к-с. від 28 лютого 2025 р.

2. Строк подання студентом роботи 08.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані про енергозабезпечення різними джерелами енергії у продовж 2022-2024 років. Матеріали літературного патентного пошуку огляду, та аналізу існуючих систем із використанням обладнання відновлювальної енергетики, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки, передових методів роботи на виробництві.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) Вступ

1. Літературний огляд використання відновлюваних джерел енергії

2. Основна частина

3. Спеціальна частина

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Оцінка економічної доцільності

Висновки

Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Графічний матеріал подається у вигляді презентації.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки</i>	28.02.25 р.	28.03.25 р.	

7. Дата видачі завдання

28 лютого 2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання розділу: Літературний огляд</i>	<i>28.02.25-28.03.25</i>	
2	<i>Виконання другого розділу: Основна частина</i>	<i>28.03.25-25.04.25</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: Спеціальна частина</i>	<i>25.04.25-20.06.25</i>	
4.	<i>Написання розділу: Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>28.02.25-28.03.25</i>	
5.	<i>Оцінка економічної доцільності</i>	<i>17.10.25-24.10.25</i>	
6.	<i>Завершення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу презентації</i>	<i>24.10.25-11.11.25</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>11.11.25-08.12.25</i>	

Студент _____ Гассовський Б.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Кригуль Р.Є.
(підпис)

УДК 627.8

Гассовський Богдан Вадимович. *“Обґрунтування параметрів системи енергозабезпечення індивідуальних споживачів на основі використання відновлюваних джерел енергії”*. – Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. – Дубляни., ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025: 53 сторінки текстової частини, 7 таблиць, 21 рисунок, бібліографічних найменувань 18.

В кваліфікаційній роботі наведено можливість експлуатації сонячно вітрових систем енергозабезпечення, здійснено аналіз схем автономно – мережових систем енергопостачання на основі вітрової та сонячної енергії. Результати аналізу засвідчили, що перспективним напрямом створення, автономних систем енергопостачання, доцільно застосовувати гібридні установки, що поєднують використання вітрової та сонячної енергії. Проведено аналіз схем систем електропостачання, що працюють на основі вітрової та сонячної енергії. На основі статистичних даних створено електронну базу метеорологічної інформації та здійснено оцінку регіонального потенціалу сонячної й вітрової енергії. Розроблено обґрунтовану конструкцію малопотужної вітросонячної системи, призначеної для роботи в умовах низького потенціалу вітрових і сонячних ресурсів. Запропоновано автономну систему енергозабезпечення, яка підвищує енергетичну ефективність і гарантує надійне живлення споживачів.

Ключові слова: сонячні енергоустановки, вітроустановка, гібридна енергетична система, вітро-сонячний комплекс, відновлювальна енергетика

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	8
1.1 Ефективність застосування енергії сонця.....	8
1.2 Енергія вітру	14
1.3 Аналіз сонячно-вітрових енергетичних установок	16
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Основи побудови гібридної енергетичної системи на основі сонячної та вітрової енергії.....	17
2.2 Визначення загального обсягу спожитої енергії за тиждень	20
2.3 Вибір вітрової енергетичної системи	21
2.4 Вітроенергетичний потенціал.....	22
2.5 Розрахунок вітроколеса.....	24
2.6 Аналіз надходження енергії від сонячного випромінювання	27
2.7 Підбір сонячних панелей.....	29
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Опис пристрою електропостачання.....	37
3.2 Принцип дії програмного забезпечення системи.....	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	38
4.1 Основні причини виникнення пожеж на виробництві	42
4.2 Допомога при ураженні електричним струмом	43
4.3 Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики	45
4.4 Запобігання виникненню та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах енергетики.....	47
5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ	48
5.1 Розрахунок затрат.....	48
ВИСНОВКИ.....	51
<i>СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</i>	<i>52</i>

ВСТУП

Екологічна і енергетична кризи зумовлюють необхідність пошуку нових способів генерації електроенергії або вдосконалення наявних технологій. Освоєння доступних і екологічно чистих джерел енергії є одним із найважливіших завдань для всього людства.

Останнім часом у сфері відновлюваної енергетики спостерігається зростання попиту на електроустановки та станції, що виробляють енергію з вітрових потоків і сонячного випромінювання. Це зумовлено тим, що такі системи використовують відновлювані ресурси та не спричиняють викидів CO₂ в атмосферу.

Окрім великої енергетики, що базується на потужних вітрових парках і сонячних станціях, останнім часом дедалі більшого значення набувають малопотужні системи — фотоелектричні та вітроелектричні установки. Вони здатні забезпечувати потреби індивідуальних споживачів електроенергією, сприяючи децентралізації її генерації.

Найвищу ефективність досягає спільна робота цих систем, оскільки випадкові періоди їхньої роботи взаємно доповнюють один одного, забезпечуючи більш повне покриття енергетичних потреб споживачів.

Отже, питання визначення та обґрунтування параметрів системи енергопостачання для індивідуальних споживачів із використанням відновлюваних джерел енергії є надзвичайно актуальним у сучасних умовах.

Метою роботи є визначення енергоефективності використання комбінованих сонячно-вітрових установок для живлення підприємств електричною енергією.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

Проаналізувати існуючі схеми для автономних систем забезпечення на базі вітро-сонячної генерації;

Сформувати на основі статистичної інформації електронну базу

метеорологічних даних та проаналізувати регіональний вітровий та сонячний ресурс.

Обґрунтувати ефективну конструкцію малопотужної вітросонячної установки для електрозабезпечення в умовах низько потенціальних ресурсів вітру та сонця;

Запропонувати варіант оптимізованої структури автономної системи електропостачання, що підвищує енергетичну ефективність її функціонування і забезпечує надійне електропостачання

Об'єкт дослідження – перетворення енергії вітру та сонячного випромінювання на електричну енергію за допомогою гібридної системи.

Предметом дослідження виступають конфігурації гібридних установок для забезпечення автономного електроживлення підприємства.

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

1.1. Ефективність застосування енергії сонця

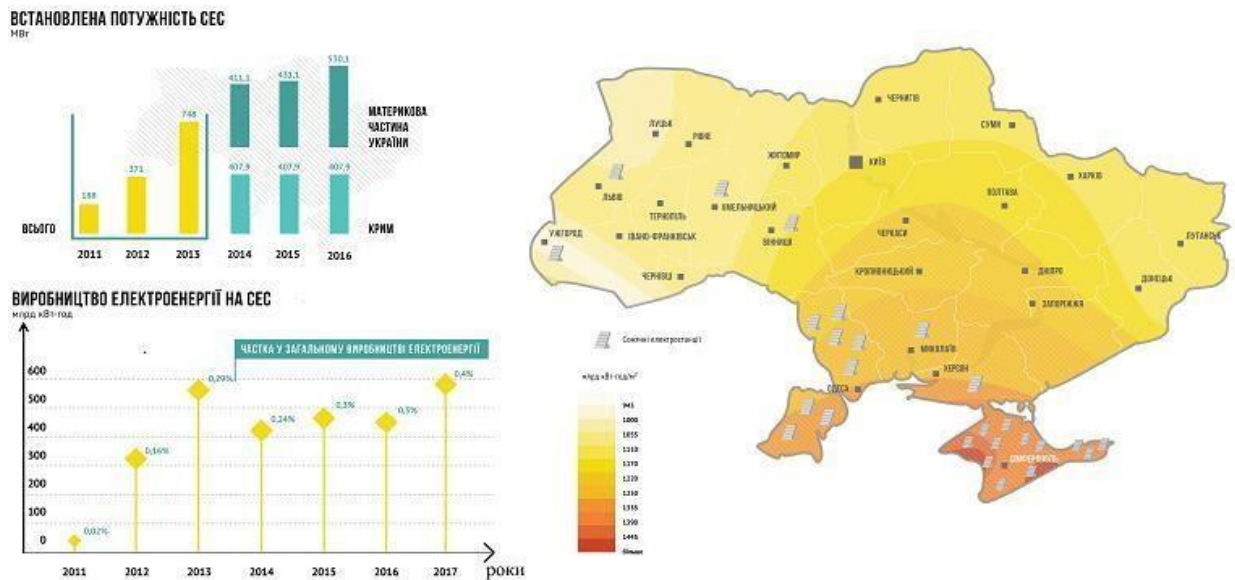
На сьогоднішній день відновлювальні джерела енергії посідають значне місце в питанні енерго ресурсо ощадності не тільки в індивідуальному житловому секторі але і на підприємстві. Такі системи допомагають бути більш здатними витримати конкуренцію за рахунок мінімізації використання традиційної енергії, мінімізації обсягів викидів в повітря, отже дослідження відновлювальної енергетики є актуальною темою на сьогоднішній день [1].

Відновлювана енергія впродовж 21 століття, розвивається швидко випереджуючи традиційну. Головними векторами розвитку відновлювальної енергетики, без сумніву є сонячна (фотовольтаїка) та вітрова енергетика. Досліджено, що у 2020 році на сонячні системи припадало близько 50 %, на вітрові приблизно 40 відсотків від загальної суми коштів. За кількістю працівників у багатоманітних сферах відновлювальної енергетики, сонячна займає перше місце близько 4 млн. осіб, вітрова енергетика третє близько 1,1 млн. За сонячною знаходиться біоенергетика з кількістю 3,1 млн працівників.

З огляду на важливе значення цих напрямів альтернативної енергетики у розвитку світової енергосистеми, актуальним є проведення порівняльного аналізу енергоефективності використання встановлених потужностей, обсягів інвестицій та залученої робочої сили.

Сьогоднішня енергетика переважно базується не на відновлювальних, а на традиційних джерелах, запаси яких є обмеженими. За нинішніх темпів споживання нафти й газу їх може вистачити лише на близько 50 років. Саме тому країни Європейського Союзу активно впроваджують відновлювані джерела енергії.

У 2020 році частка відновлюваної енергетики в загальній структурі виробництва електроенергії становила близько 20 %, а до 2030 року очікується її зростання до 50 %. Плани України є більш виваженими: згідно з Енергетичною стратегією, до 2035 року передбачено, що частка відновлюваних джерел становитиме близько 8 % у 2020 році та близько 13 % у 2025 році. Динаміка введення нових потужностей в Україні з кожним роком залишається досить стабільною рис. 1.1: у 2018 році їх обсяг досяг 257 МВт, що у 2 рази перевищує показник попереднього року. Відтак, сумарна потужність відновлюваних джерел енергії у 2018 році зросла на 23 % і наблизилася до 1400 МВт. [1].



сонячні колектори двох типів – вакуумні та плоскі, а також фотоелектричні панелі – монокристалічні, тонкоплівкові й полікристалічні.

Плоский колектор є найдоступнішим і найпростішим варіантом системи. Його конструкція включає прозоре скляне покриття та поглинач, що розміщені в рамі. З метою зниження тепловтрат на задній стороні колектора встановлюється шар теплоізоляції.



Рис. 1.2 – Плоский геліо колектор

Абсорбент, або поглинаючий елемент, являє собою пластину з селективним покриттям, до якої приєднані теплопровідні трубопроводи. По цих них циркулює рідина – теплоносіє.

Прозорий компонент виготовляють з скла загартованого. Без системи відбору тепла, ці колектори можуть нагрівати теплоносіє до температури 180 – 190 °С. Чим більша кількість сонячної енергії передається теплоносієм всередині колектора, тим вищою є його ефективність.

Вакуумний колектор являє собою систему, утворену вакуумними трубками, які з'єднані між собою через стикувальний вузол – теплозбірник.

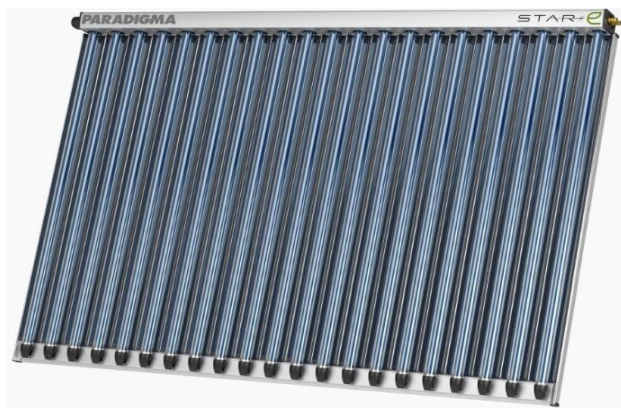


Рис. 1.3 – Вакуумний колектор

Колектор характеризується тепловтратами, проте за допомогою певних технічних рішень можна підвищити температуру теплоносія приблизно до 200 °С у системі відбору тепла. Це досягається шляхом зменшення теплових втрат завдяки використанню багатошарового покриття, герметизації або створенню вакууму.

Під дією сонячного випромінювання теплоносії у нижній частині колектора нагріваються та переходять у пароподібний стан. Пара піднімається у верхню частину трубки, де, конденсуючись, передає тепло. Колектори можуть забезпечувати нагрів теплоносія навіть за від'ємних температур навколишнього середовища [3].

Фотоелектричні панелі поділяються на монокристалічні, полікристалічні, тонкоплівкові і багато перехідні модулі.

Монокристалічні панелі як зображено на рис. 1.4., складаються з монокристалів кремнію, в основі яких розміщені сонячні елементи. В горі та знизу вони покриті герметиком, котрий захищає їх від проникнення вологи та запобігає можливому окисленню.



Рис.1.4 – Монокристалічна

Ця технологія застосовується й досі, хоча має певний недолік – тому що з часом матеріал втрачає прозорість. Такі панелі можна використовувати для заряджання мобільних телефонів та іншої компактної техніки. Якщо об'єднати кілька панелей, вони здатні забезпечити живлення будь-яких побутових приладів. При цьому інвертор перетворює сонячну енергію на змінний струм з напругою 220 В.

Їхні переваги:

1. Тривалість експлуатації може сягати 50 років, а деякі виробники надають гарантію до 25 років.
2. Потребують мінімального догляду – достатньо періодично очищати поверхню від пилу.
3. Відзначаються компактними розмірами.
4. Зберігають ефективність навіть за низьких температур [6].

Полікристалічні. Процес виробництва таких панелей є простішим, оскільки не потребує створення монокристалів. Їх виготовляють шляхом плавлення кремнію, який після охолодження у квадратних формах розрізають на окремі квадратики.

Полікристалічні панелі створюють із полікристалічного кремнію шляхом кристалізації. Їхній середній коефіцієнт корисної дії становить близько 15%. Це означає, що установка потужністю 1 кВт здатна виробляти приблизно 150 Вт електроенергії за годину. Для отримання 1 кВт потужності

необхідна площа полікристалічних панелей орієнтовно 8 м².

Їхні переваги: Невисока ціна виготовлення та установки. Висока й однорідна щільність елементів. Стійкі до коливань зовнішньої температури.

Тонкоплівкові модулі належать до найбільш продуктивних сонячних панелей, їхній коефіцієнт корисної дії досягає близько 25 %.

Призначення цих модулів – виробництво електроенергії в промислових масштабах. Завдяки високій напрузі та низькому струму вони ефективні у системах із сумарною потужністю понад 10 кВт. Продуктивність такої установки складає близько 2,5 кВт електроенергії за годину. Серед переваг цих панелей – здатність генерувати електроенергію навіть при розсіяному світлі та в похмуру погоду.

Недоліком таких панелей є значна займана площа – наприклад, для потужності 10 кВт потрібно близько 180 м². Серед переваг тонкоплівкових модулів – робота при струмі 3,6 А та напрузі 70 В, що дозволяє їм нагріватися вчетверо менше. Крім того, ці панелі більш довговічні, оскільки в їхній конструкції відсутній метал.

Багатошарові фотоелектричні модулі. Теоретично це перспективний елемент, що складається з кількох шарів р-п переходів, кожен з яких оптимізований для роботи у вузькому спектрі довжин хвиль світла – від ультрафіолетового до інфрачервоного.

Перші комерційні вироби на основі цих елементів з'явилися на ринку лише кілька років тому. Теоретично їхній К.К.Д. може сягати 40 %, тришарових елементів – до 50 %, а багатошарових осередків – до 70 % від суми сонячного випромінювання. Продуктивність багатошарових елементів може досягати близько 90 % при використанні концентраторів сонячного світла. У лабораторних умовах із концентраторами максимальний К.К.Д. панелей становить 43,5 % [9].

1.2 Енергія вітру

У альтернативній енергетиці великі сподівання пов'язують із використанням енергії вітру.

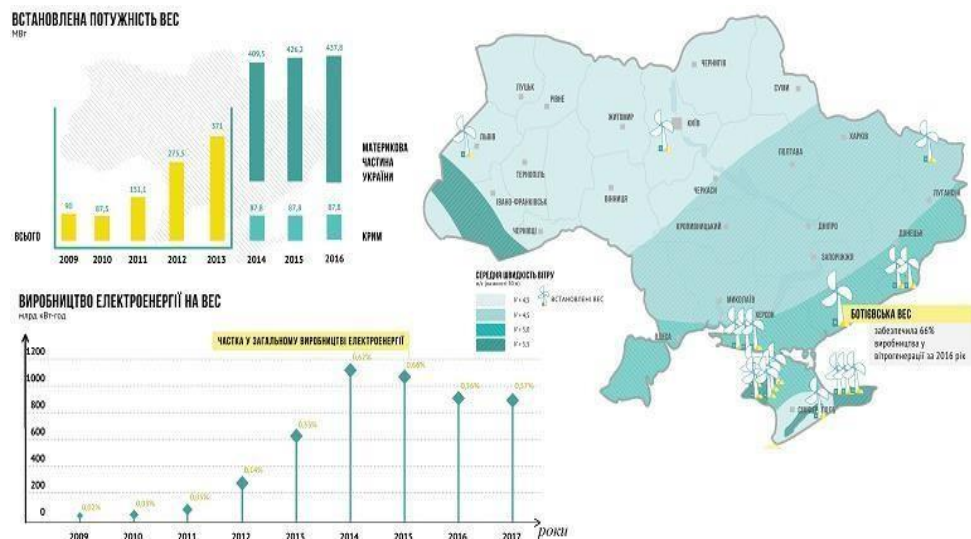


Рис.1.5 – Карта з інтенсивністю вітрового потоку [2]

Розвиток вітроенергетики відбувається повільніше, ніж сонячної. Протягом року її встановлена потужність збільшилася на 27 МВт і наразі досягає 470 МВт. Проте вітрові електростанції є значно дорожчими за сонячні, потребують складнішого монтажу та більш трудомісткого обслуговування [2].

Вітрогенератори переробляють кінетичну енергію вітру на механічну, яка за допомогою спеціального вітроенергетичного обладнання трансформується в електричну. Сучасні установки здатні ефективно використовувати навіть слабкі потоки повітря зі швидкістю від 3 м/с. Завдяки їм можливо забезпечувати електропостачання локальних або ізольованих об'єктів різної потужності.

Існують такі типи вітрогенераторів:

- з горизонтальним розміщенням ротора;
- з вертикальним розміщенням ротора.

Вітрогенератор із горизонтальною віссю обертання зазвичай оснащується двома, трьома або чотирма лопатями, закріпленими на верхівці щогли. У таких установках ведучий вал ротора розміщений горизонтально і виконує функцію осі обертання. Інші типи мають вигляд диска з великою кількістю лопатей і називаються монолітними. Для досягнення максимальної ефективності роботи вітряка його лопаті повинні оптимально взаємодіяти з потоком повітря, що проходить крізь площину обертання ротора. Вітроустановки здатні ефективно працювати за низьких швидкостей вітру. У той час як моделі з двома або трьома лопатями потребують значно вищої швидкості обертання, щоб повною мірою використати потік повітря, який проходить через площину ротора.

Теоретично, збільшення кількості лопатей має підвищувати потужність вітроустановки. Проте на практиці такі конструкції виявляються менш ефективними, ніж моделі з двома чи трьома лопатями, оскільки лопаті заважають одна одній [10]. Найпоширенішими є вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання, які мають К.К.Д. близько 45–50 %. Водночас вони характеризуються підвищеним рівнем шуму та вібрації, тому для їх встановлення потрібна значна відкрита площа або щогла заввишки не менше 7 метрів [7].



Рис.1.6 – Схема з горизонтальним розміщенням ротора

1.3 Аналіз сонячно-вітрових енергетичних установок

Енергія вітру ефективно доповнює сонячну енергію. Зокрема, найсильніші вітри спостерігаються взимку та навесні — у періоди, коли кількість сонячного випромінювання зменшується, проте переважає велика кількість вітряних днів із достатньою потужністю потоку.

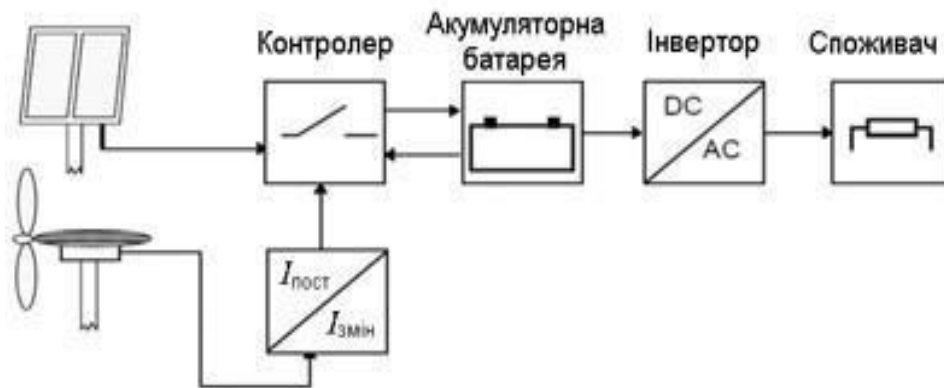


Рис.1.7 – Схема комбінованої енергетичної системи з використанням сонячної та вітрової енергії. [14].

Система включає сонячні та вітрові енергоустановки. Потужність, що генерується вітровою установкою, є змінним струмом із варіативною амплітудою та частотою, який згодом може перетворюватися на постійний струм для заряджання акумулятора. Контролер забезпечує захист акумуляторної батареї від перезарядження та глибокого розряду. Для зменшення втрат у системі використовується висока напруга, а інвертор перетворює постійний струм на змінний зі стандартними параметрами: напругою 220 В і частотою 50 Гц.



Рис.1.8 – Графік залежності потужності вітрової установки від швидкості

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Основи побудови гібридної енергетичної системи на основі сонячної та вітрової енергії.

Проблема забезпечення надійного енергопостачання завжди була актуальною, особливо для країн-експортерів та імпортерів енергоресурсів. Загострення питань енергетичної безпеки змушує шукати альтернативи традиційним енергоносіям. Такою альтернативою стали відновлювані джерела енергії. Зменшення запасів традиційного палива та зростання цін на енергоресурси стимулювали розвиток альтернативної енергетики на основі відновлюваних джерел. Очевидно, що нафта та газ поступово трансформуються з економічного ресурсу у політичний інструмент.

Беручи до уваги плюси та мінуси різних джерел енергії, найбільш перспективним варіантом є гібридні системи електропостачання «сонце–вітер». Вони поєднують невеликі вітрогенератори з сонячними фотомодулями, що забезпечує більш стабільну та надійну генерацію електроенергії порівняно з окремо встановленими вітровими або сонячними установками. Сонячні фотомодулі можуть підключатися до вітрогенераторів через гібридний контролер або з використанням окремого контролера.

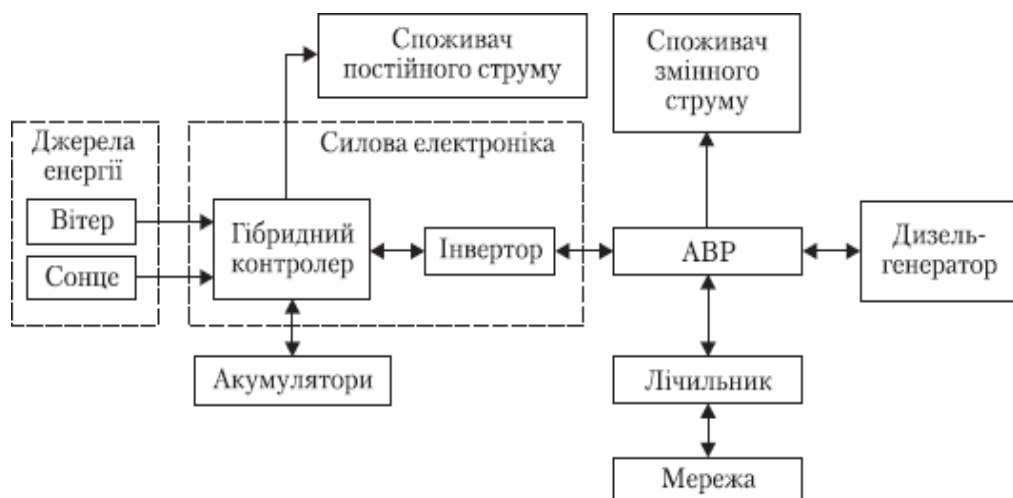


Рис. 2.1 – Схематичне представлення системи електропостачання на основі сонячної та вітрової установки

Вітрово-сонячна система призначена для забезпечення електроенергією з параметрами 230 В/50 Гц. Вона може функціонувати як автономне джерело живлення або як резервна система електропостачання. Проектування таких систем здійснюється з урахуванням даних про споживану потужність, а також сонячного та вітрового потенціалу регіону. Для резервного живлення до фотоелектричної або вітрово-сонячної системи може додаватися бензиновий або дизельний генератор.

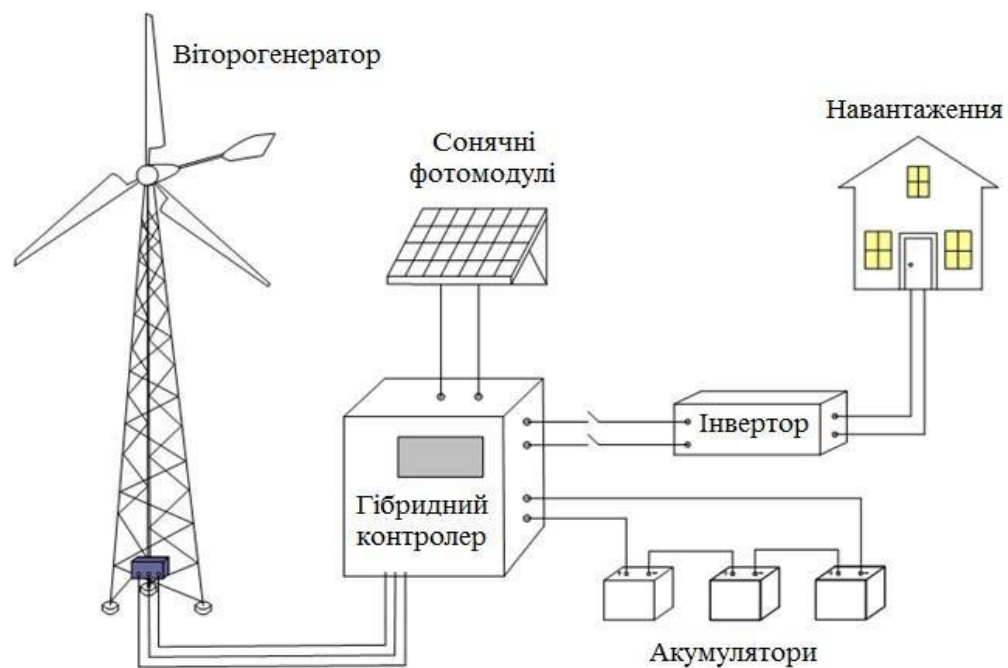


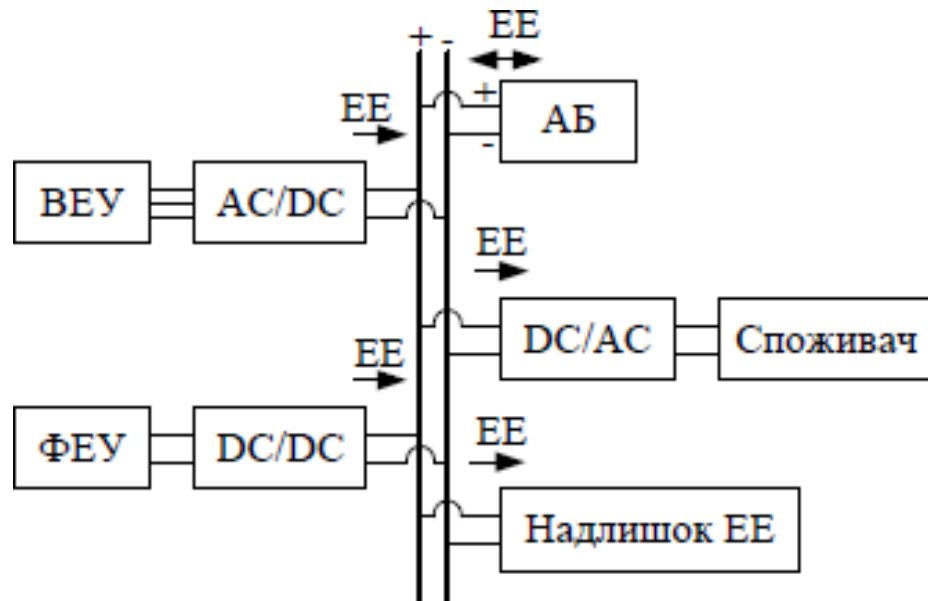
Рис. 2.2 – Вітрова – сонячна гібридна система

Перед встановленням такої системи слід проаналізувати й оцінити можливе застосування різних варіантів вітрових, сонячних та гібридних установок, визначити сонячний та вітровий потенціал на обраному майданчику, а також вивчити переваги і недоліки кожного варіанту системи. Також слід знайти обсяг електроенергії, що споживає будівля в різні години доби та пори року. На основі цього аналізу визначається потужність усієї системи. Крім того, потрібно враховувати можливе збільшення споживання електроенергії у періоди, коли система не зможе забезпечити необхідний обсяг. Для покриття таких пікових навантажень можна використовувати

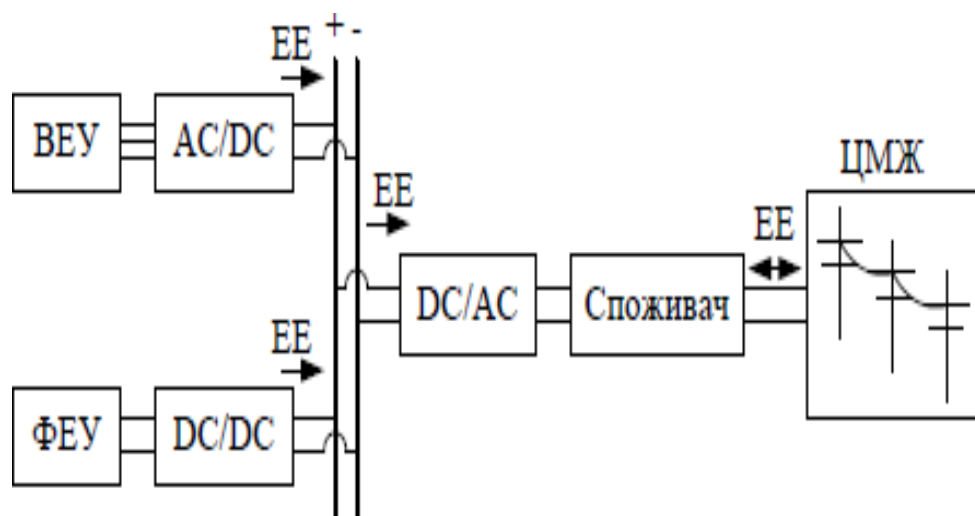
міську електромережу або генератори відповідної потужності.

Вітрово-сонячні системи електропостачання можуть мати три основні типи конструктивної побудови:

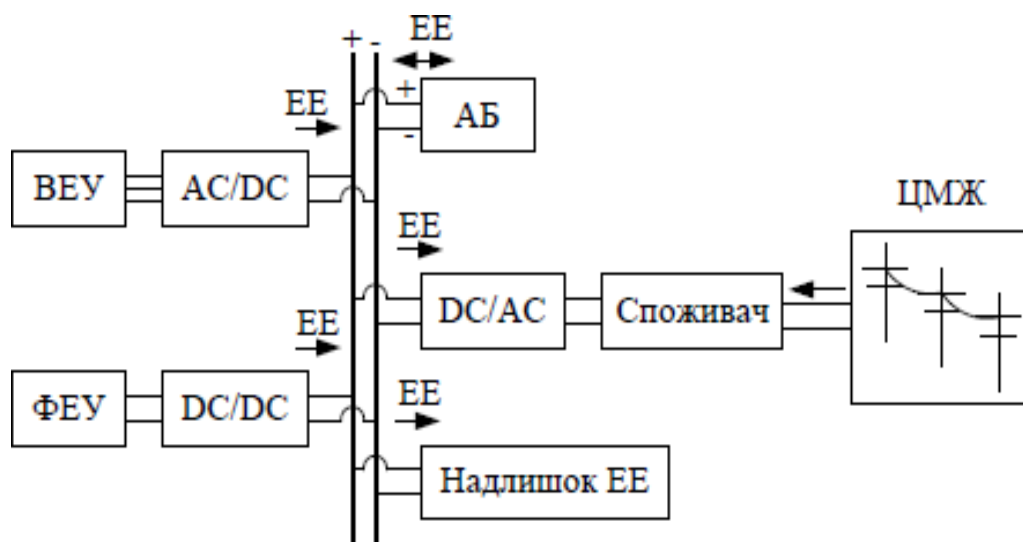
- автономна вітро-сонячна система енергопостачання
- мережева вітро-сонячна система енергопостачання
- автономно - мережева вітро-сонячна система енергопостачання



а)



б)



в)

Рис. 2.3 – Вітро-сонячна система енергопостачання:
а) автономна б) мережева в) автономно – мережева

2.2. Визначення загального обсягу спожитої енергії за тиждень

Для впровадження автономної гібридної системи живлення необхідно визначити загальну потужність, яку слід забезпечити для будівлі. Для цього складається таблиця, в якій розраховується все навантаження змінного струму, вказується його номінальна потужність та кількість годин роботи протягом тижня.

Таблиця 2.1

Загальне навантаження						
Прилад	К-сть	U, В	P, Вт	I, А	Тривалість роботи, год.	Споживана потужність, Вт
Компютер	4	220 В	1000	4	40	40000
Холодильник	1		250	1,5	20	5250
Прінтер	1		45	3,5	7	270
Wi-Fi	1		7	0,6	170	1178
Освітлення	12		600	1,8	9	6000
Чайник	1		1500	9	1	1500
Кондиціонер	1		1000	5.6	20	20000
Телевізор	1		500	1,5	18	9000

Визначимо загальну потужність, спожиту за тиждень:

$$P_{\text{заг}} = P_{\kappa} + P_x + P_{\text{пр}} + P_{\text{роу}} + P_{\text{ос}} + P_{\text{ч}} + P_{\text{конд}} + P_m = 83 \text{ кВт} \quad (2.1)$$

де P_{κ} – потужність комп'ютера; P_x – холоильника; $P_{\text{пр}}$ – принтера; $P_{\text{роу}}$ – роутера; $P_{\text{ос}}$ – освітлення; $P_{\text{ч}}$ – чайника; $P_{\text{конд}}$ – кондиціонера; P_m – телевізора.

Розрахунок енергії постійного струму виконуємо з урахуванням втрат в інверторі. Для цього отримане значення потужності необхідно помножити на коефіцієнт $k=1,2$.

$$E_n = P_{\text{заг}} \cdot k = 83,2 \cdot 1,2 = 99,8 \text{ кВт} \quad (2.2)$$

Розрахуємо потужність інвертора, для цього значення E_n слід поділити на тривалість роботи – 168 годин.

$$P = \frac{E_n}{7 \cdot 24} = \frac{99,84}{168} = 0,59 = 59 \text{ (кВт)} \quad (2.3)$$

Отже, згідно з проведеними розрахунками, необхідно забезпечити енергоспоживання на рівні приблизно 83 кВт за 7 діб.

2.3. Вибір вітрової енергетичної системи

Існують такі основні типи вітрових енергетичних установок:

1. Вертикально-осьові;
2. Горизонтально-осьові.

У нашому випадку територія характеризується низьким рівнем вітрової активності, тому для підвищення ефективності роботи вітрової енергосистеми обираємо вертикально-осьовий генератор. Основним недоліком горизонтально-осьової системи є необхідність використання флюгера для орієнтації за напрямком вітру, що призводить до зменшення швидкості обертання лопатей і, відповідно, знижує ефективність роботи установки. Такі ротори можуть бути однолопатеви або багатолопатеви, проте найчастіше застосовують трилопатеві, оскільки вони забезпечують

оптимальне співвідношення пускових та робочих характеристик за невеликих швидкостей вітру. Для підвищення ефективності роботи ротора можна використовувати лопаті гелієподібної форми, однак їхнє виготовлення є складнішим і дорожчим. Якщо ж одним із головних критеріїв є мінімальний термін окупності, то Н-ротори з прямими лопатями виступають більш доцільним та економічно вигідним варіантом.

2.4. Вітроенергетичний потенціал

На основі аналізу даних [6] можна зробити висновок, що швидкість і напрямок вітру змінюються протягом року. Найвищі значення швидкості спостерігаються взимку, тоді як у літній період вітер є найслабшим.

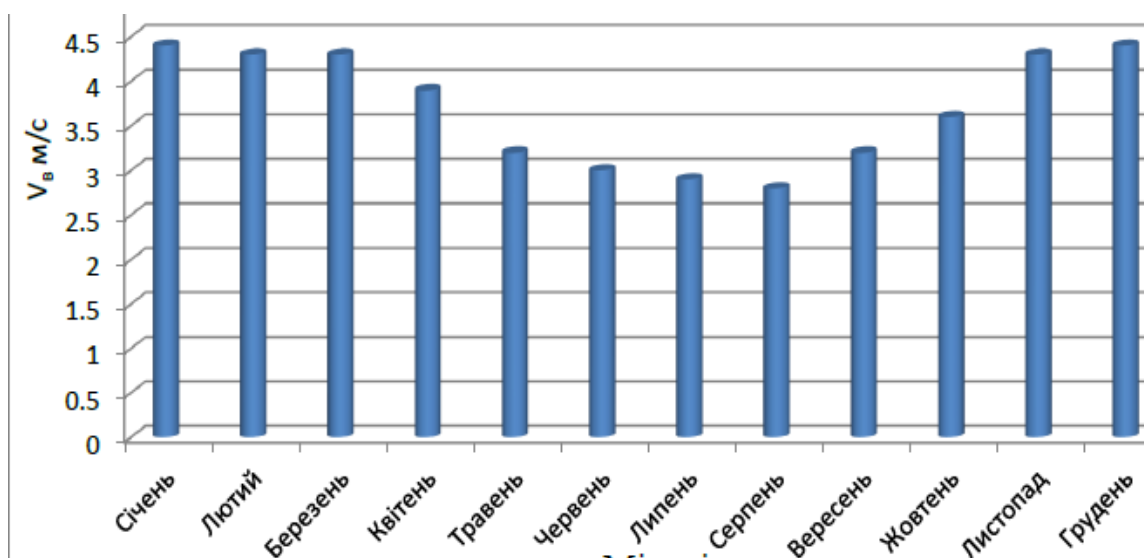


Рис.2.4 – Графік зміни місячної швидкості вітру

З рисунка 2.4 видно, що ця місцевість переважно характеризується слабкими вітрами зі швидкістю 2,5 – 4 м/с. Найбільшу кількість годин протягом року спостерігає вітер зі швидкістю 3,8 м/с. Вітер із високою швидкістю 10 – 12 м/с, який володіє максимальним енергетичним потенціалом, трапляється дуже рідко. Отже, для виробництва електроенергії на даній території доцільно використовувати вітроенергетичні установки, здатні ефективно працювати при низьких швидкостях вітру. До таких

відносяться прямопривідні вітроенергетичні установки з вертикальною віссю обертання, які починають генерувати енергію вже при швидкості вітру 3 м/с та можуть відбирати потужність навіть на цих низьких швидкостях [6]. Розрахунки розподілу швидкості вітру показують, що використання двох систем у комбінації є ефективним варіантом для генерації електроенергії з вітру, оскільки середньомісячна швидкість вітру залишається низькою. Найменша швидкість спостерігається у серпні – близько 2,7 м/с, а найбільша – у січні, приблизно 4,5 м/с [9].

Таблиця 2.2

Середньорічна роза вітрів для даної місцевості

Середньорічна роза вітрів,	%
Північ	7,3
Північний Схід	5,8
Схід	9,5
Південний Схід	21
Південь	8,9
Південний Захід	11,9
Захід	23,3
Північний Захід	12,7
Швидкість вітру за середніми багатолітніми даними), м/с	10-12

З аналізу видно, що протягом року переважають вітри південно-західного та західного напрямків зі швидкістю 3 – 4 м/с. Вітри зі швидкістю близько 15 м/с спостерігаються переважно восени та взимку. Виходячи з оцінки вітроенергетичного потенціалу та даних літературних джерел, можна зробити висновок про доцільність використання в регіоні швидкохідних вітро енергетичних установок з вертикальною віссю обертання, оснащених стаціонарними симетричними крилами вертикального профілю як показано на рис. 2.5.



Рис.2.5 – Концентратори вітрового потоку ВЕУ з вертикальною віссю.

Вони дозволяють підвищити коефіцієнт відбору з вітру, а це забезпечує ефективну роботу енергетичної установки при низьких швидкостях вітру, а також збільшують стартовий період [7].

2.5. Розрахунок вітроколеса

Необхідно провести розрахунок вітроустановки EuroWind VS-3-3000W системи Н-типу, коли середня швидкості 3,7 м/с. Коефіцієнт вітрової енергії $C=0,35$. Число лопатей $Z_{\text{л}} = 3$.

Таблиця 2.3

Характеристики вітроенергетичної установки

Назва установки	EuroWind VS-3-3000W
Генератор	Синхронний
Потужність $P_{\text{ВЕУ}}$,	3 кВт
Вихідна напруга U ,	48 В
Ротор	Н rotor
Радіус	3 м
Висота лопаті	3,6 м
Число лопатей	5
Стартова швидкість $V_{\text{ст}}$,	2 м/с
Номінальна $V_{\text{ном}}$,	12 м/с
Максимальна швидкість $V_{\text{макс}}$,	40 м/с

Розрахунок характеристик ротора. Потужність вітроенергетичної установки визначається за формулою:

$$N_{\text{ВЕУ}} = \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot C_p \cdot V^3 \quad (2.4)$$

де $N_{\text{ВЕУ}}$ – розрахункова потужність; A – площа лопатей м^2 ;
 V – швидкість потоку вітру, м/с ; ρ – густина повітря, кг/м^3 ; C_p – коефіцієнт ефективності використання вітру:

$$\rho = \frac{M_{\text{п}}}{V_{\text{п}}}, \quad (2.5)$$

де $M_{\text{п}}$ – маса повітря, кг ; $V_{\text{п}}$ – об'єм повітря, м^3 при нормальному тиску $P_{\text{атм}} = 0,1013 \text{ МПа}$, та температурі $t = 20^\circ\text{C}$

Площа ротора:

$$A = 2 \times R \times H$$

$$A = 2 \cdot 3 \cdot 3,6 = 21,6 \text{ м}^2$$

Потужність вітрової установки розраховуємо за формулою

Розрахунок потужності вітроустановки за січень:

$$N_{\text{січ 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 85,2 = 399,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{січ 1тиж}} = 399,2 \cdot 168 = 67065,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у лютому:

$$N_{\text{лют 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 79,5 = 372,5 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{лют 1тиж}} = 372,5 \cdot 168 = 62580 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у березні:

$$N_{\text{бер 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 79,5 = 372,5 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{бер 1тиж}} = 372,5 \cdot 168 = 62580 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у квітні:

$$N_{\text{кві 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 59,3 = 277,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{кві 1тиж}} = 277,8 \cdot 168 = 46670,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у травні:

$$N_{\text{тра 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 32,8 = 153,7 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{тра 1тиж}} = 153,7 \cdot 168 = 25838,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у червні:

$$N_{\text{чер 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 27 = 126,5 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{чер 1тиж}} = 126,5 \cdot 168 = 21252 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у липні:

$$N_{\text{лип 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 24,4 = 114,3 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{лип 1тиж}} = 114,3 \cdot 168 = 19202,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у серпні:

$$N_{\text{сер 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 21,9 = 102,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{сер 1тиж}} = 102,6 \cdot 168 = 17237, 2 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у вересні:

$$N_{\text{вер 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 32,8 = 153,7 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{вер 1тиж}} = 153,7 \cdot 168 = 25821,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у жовтні:

$$N_{\text{жов 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 46,6 = 218,3 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{жов 1тиж}} = 218,3 \cdot 168 = 36674, 4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у листопаді:

$$N_{\text{лис 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 79,5 = 372,5 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{лис 1тиж}} = 372,5 \cdot 168 = 62580 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у грудні:

$$N_{\text{груд 1год}} = \frac{1,205}{2} \cdot 21,6 \cdot 0,36 \cdot 85,2 = 399,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{\text{груд 1тиж}} = 399,2 \cdot 168 = 67065,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

2.6. Аналіз надходження енергії від сонячного випромінювання

Генерація електричної енергії від сонячного випромінювання здійснюється за допомогою фотоелектричних панелей, які можуть бути полікристалічними, монокристалічними, органічними або аморфними.

Кількість енергії сумарної сонячної радіації, що надходить на фотоелектричну панель, визначається її розташуванням і орієнтацією, кутом нахилу відносно горизонту, а також залежить від часу доби, сезону, погодних умов та низки інших чинників.

Питома потужність сумарної сонячної радіації S , Вт/м² розраховується за формулою:

$$S = S_p + S_{\Pi}, \quad (2.6)$$

де S_p та S_{Π} – відповідно питомі потужності прямої і розсіяної сонячної радіації.

Схематичне зображення притоків S_p та S_{Π} наведено на рисунку 2.8.

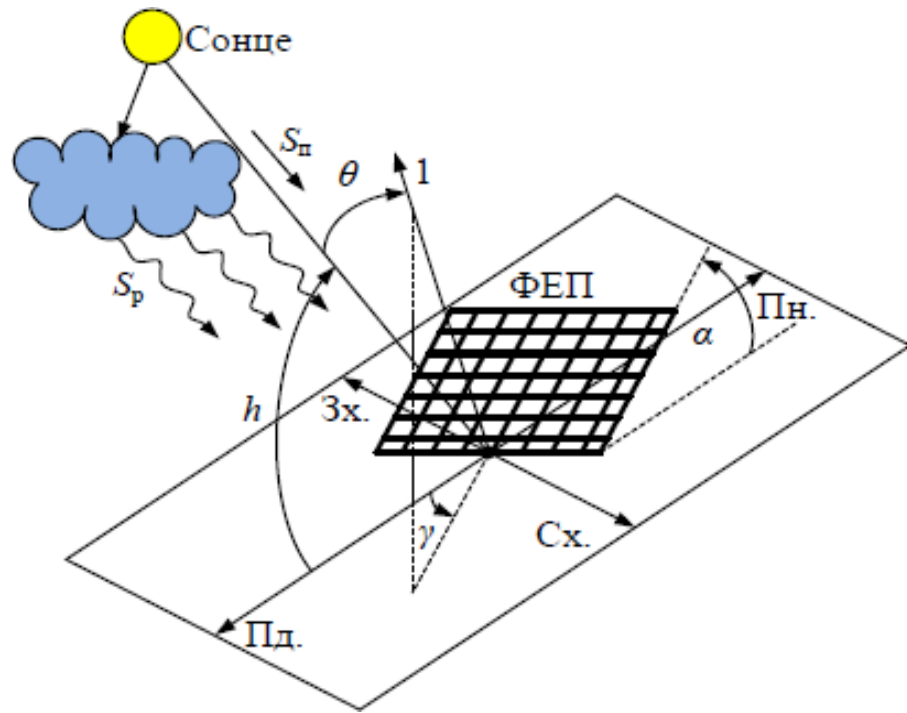


Рис.2.8 – Схематичне зображення прямої S_{π} та розсіяної S_p сонячної радіації та орієнтація фотоелектричної панелі відносно горизонту.

Кількість енергії, яку генерує фотоелектрична система, у Вт $\times$ год, визначається за відповідною формулою:

$$W_{EE \text{ ФЕП}} = P_{\text{ФЕМ}} \times k_{\text{ФЕМ}} \times T_{h\text{ФЕМ}} \quad (2.7)$$

де $P_{\text{ФЕМ}}$ – номінальна потужність фото модуля; $k_{\text{ФЕМ}}$ – коефіцієнт уточнення, 0,7 в теплий період та 0,5 в зимовий, (коригування втрат потужності, що зумовлена нагріванням та нахиленим падінням сонячних променів на поверхню); $T_{h\text{ФЕМ}}$ – розрахунковий період, протягом якого сонячне випромінювання має інтенсивність 1000 Вт/м², визначається як:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = E_{\text{сі}^{\text{cc}}} / 1000 \quad (2.8)$$

де $E_{\text{сі}^{\text{cc}}}$ – середньодобова інтенсивність сонячного випромінювання Вт·год/м²/день; 1000 – інтенсивність сонячного випромінювання в стандартних умовах, Вт/м².

Таблиця 2.4.

Середньодобова інтенсивність сонячного випромінювання в місяць за останні роки Вт·год/м²/день [12]

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Івано - Франківськ	1,1	1,8	2,7	3,5	4,4	4,5	4,7	4,5	3,1	2,1	1,1	0,8
Київ	1	1,7	2,8	3,8	5,1	5,1	5,1	4,5	3,1	1,8	1,1	0,9
Луганськ	1,1	2,1	3	4,02	5,5	5,4	5,6	4,8	3,5	2,1	1,1	0,8
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,6	4,83	4,8	4,45	3	1,85	1,06	0,83
Миколаїв	1,1	2,2	3,1	4,1	5,5	5,7	6,1	5,5	4	2,6	1,2	1,1
Одеса	1,1	2,2	3,1	4,1	5,5	5,7	6,1	5,5	4	2,6	1,2	1,1
Полтава	1,1	2,2	3,1	4,1	5,5	5,7	6,1	5,5	4	2,6	1,2	1,1
Рівне	1	1,8	2,8	3,7	5,1	5,3	4,8	4,4	3,1	1,7	1,2	0,9
Суми	1,2	1,8	3,1	3,8	5,3	5,2	5,2	4,5	3,2	2	1,2	0,9
Тернопіль	1	1,9	2,7	3,7	4,5	5	4,8	4,5	3,1	1,8	1,1	0,9
Харків	1,3	2,4	3,1	3,9	5,4	5,4	5,6	4,8	3,3	2,2	1	0,8
Херсон	1,3	2,4	3,1	4,4	5,5	5,6	6,1	5,3	4,1	2,5	1,2	1,1
Черкаси	1,2	1,8	2,8	4	5,5	5,5	5,5	4,9	3,3	2,2	1,1	0,8
Чернігів	0,8	1,7	2,8	3,8	5,3	5,3	5,1	4,4	3,1	1,8	1,1	0,9
Чернівці	1,1	1,8	2,8	3,5	4,5	4,6	4,7	4,4	3,2	2	1,1	0,8

2.7. Підбір сонячних панелей

Запровадження сонячних енергосистем сприяє активному розвитку комплектуючих для електростанцій. Значним попитом користуються китайські фотоелектричні модулі, оскільки їхня вартість нижча порівняно з аналогами із США, Європи та Японії. Відомості про найпоширеніші моделі наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристики сонячних модулів

Виробник	Країна	Технічні характеристики	Вартість, у. о.
Solar Jinko JKM 280P-50	Китай	Кремній, полікристал. Розрахункова потужність: 280 Вт. Напруга при <i>тах.</i> потужності: 32,3 В.	100
Solar Perliht PLM 270 P	Китай	Кремній, полікристал. Розрахункова потужність: 270 Вт. Напруга при <i>тах.</i> потужності: 31.2 В.	113

ALM Altek 265	Китай	Кремній, полікристал. Розрахункова потужність: 265 Вт. Напруга при <i>max.</i> потужності: 31 В.	125
Jinko Solar JKM 280P- 60	Китай	Кремній, полікристал. Розрахункова потужність: 280 Вт. Напруга при <i>max.</i> потужності: 32 В.	110
Solar Perliht PLM- 270 P 60	Китай	Кремній, полікристал. Розрахункова потужність: 270 Вт. Напруга при <i>max.</i> потужності: 31.2 В.	114

Визначимо необхідну потужності для живлення на годину:

$$P_{1год} = \frac{P_{заг}}{168} = \frac{83,2}{168} = 495,2 \text{ (Вт)}$$

Виконуємо розрахунки для полікристалічної панелі Jinko Solar JKM280P-60 (рис 2.9). Номінальна потужність якої складає 280 Вт.



Рис. 2.9 – Jinko Solar JKM 280 P – 60

Обчислимо кількість енергії, яку система виробляє протягом доби та тижня

У січні:

$$T_{\text{світ}} = \frac{E_{\text{світ}}}{1000} = \frac{1080}{1000} = 1,08 \text{ год};$$

$$W_{\text{світ } 1д} = 280 \cdot 0,5 \cdot 1,08 = 151,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{світ } 1тиж} = 151,2 \cdot 7 = 1058,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у лютому:

$$T_{\text{лют}} = \frac{E_{\text{сд.лют}}}{1000} = \frac{1830}{1000} = 1,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют 1д}} = 280 \cdot 0,5 \cdot 1,83 = 256,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют 1тиж}} = 256,2 \cdot 7 = 1793,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у березні:

$$T_{\text{бер}} = \frac{E_{\text{сд.бер}}}{1000} = \frac{2820}{1000} = 2,82 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер 1д}} = 280 \cdot 0,5 \cdot 2,82 = 394,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер 1тиж}} = 394,8 \cdot 7 = 2763,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у квітні:

$$T_{\text{кві}} = \frac{E_{\text{сд.кві}}}{1000} = \frac{3780}{1000} = 3,78 \text{ год};$$

$$W_{\text{кві 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 3,78 = 740,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{кві 1тиж}} = 740,8 \cdot 7 = 5185,6 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у травні:

$$T_{\text{тра}} = \frac{E_{\text{сд.тра}}}{1000} = \frac{4670}{1000} = 4,67 \text{ год};$$

$$W_{\text{тра 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 4,67 = 915,3 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тра 1тиж}} = 915,3 \cdot 7 = 6407,1 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у червні:

$$T_{\text{чер}} = \frac{E_{\text{сд.чер}}}{1000} = \frac{4830}{1000} = 4,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 4,83 = 946,7 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер 1тиж}} = 946,7 \cdot 7 = 6626,9 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у липні:

$$T_{\text{лип}} = \frac{E_{\text{сд.лип}}}{1000} = \frac{4830}{1000} = 4,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 4,83 = 946,7 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип 1тиж}} = 946,7 \cdot 7 = 6626,9 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у серпні:

$$T_{\text{сер}} = \frac{E_{\text{сд.сер}}}{1000} = \frac{4450}{1000} = 4,45 \text{ год};$$

$$W_{\text{сер 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 4,45 = 872,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{сер 1тиж}} = 872,2 \cdot 7 = 6105,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у вересні:

$$T_{\text{вер}} = \frac{E_{\text{сд.вер}}}{1000} = \frac{3000}{1000} = 3,0 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер 1д}} = 280 \cdot 0,7 \cdot 3,0 = 588 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер 1тиж}} = 588 \cdot 7 = 4116 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у жовтні:

$$T_{\text{жов}} = \frac{E_{\text{сд.жов}}}{1000} = \frac{1850}{1000} = 1,85 \text{ год};$$

$$W_{\text{жов 1д}} = 280 \cdot 0,5 \cdot 1,85 = 259 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жов 1тиж}} = 259 \cdot 7 = 1813 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у листопаді:

$$T_{\text{лис}} = \frac{E_{\text{сд.лис}}}{1000} = \frac{1060}{1000} = 1,06 \text{ год};$$

$$W_{\text{лис 1д}} = 280 \cdot 0,5 \cdot 1,06 = 148,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лис 1тиж}} = 148,4 \cdot 7 = 1038,8 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

у грудні:

$$T_{\text{груд}} = \frac{E_{\text{ср.груд}}}{1000} = \frac{830}{1000} = 0,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{груд 1д}} = 280 \cdot 0,5 \cdot 0,83 = 116,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{груд 1тиж}} = 116,2 \cdot 7 = 813,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

Для забезпечення енергопостачання потрібні 30 сонячних панелей Jinko Solar JKM280P-60.

Обчислюємо загальну потужність для кожного місяця:

січня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 1,06 \times 30 = 31,7 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 67,1 + 31,7 = 98,53 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

лютого:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 1,7 \times 30 = 53,7 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 62,5 + 53,7 = 116,3 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

березня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 2,76 \times 30 = 82,8 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 62,5 + 82,8 = 145,3 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

квітня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 5,18 \times 30 = 155,5 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 46,6 + 155,5 = 202,1 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

травня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 6,4 \times 30 = 192,2 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 25,8 + 192,2 = 218 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

червня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 6,6 \times 30 = 198,7 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 21,2 + 198,7 = 220,9 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

липня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 6,6 \times 30 = 198,7 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 19,2 + 198,7 = 217,9 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

серпня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 6,1 \times 30 = 183,1 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 17,2 + 183,1 = 200,3 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

вересня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 4,1 \times 30 = 123,4 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 25,8 + 123,4 = 149,1 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

жовтня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 1,8 \times 30 = 54,4 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 36,6 + 54,4 = 91 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

листопада:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 1,03 \times 30 = 31,1 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 62,5 + 31,1 = 93,6 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

грудня:

$$P_{\text{ФЕУ 1тиж}} = 0,81 \times 30 = 24,4 \text{ кВт} \times \text{год};$$

$$P_{\text{ВССЕ 1тиж}} = 67,1 + 24,4 = 91,5 \text{ кВт} \times \text{год}.$$

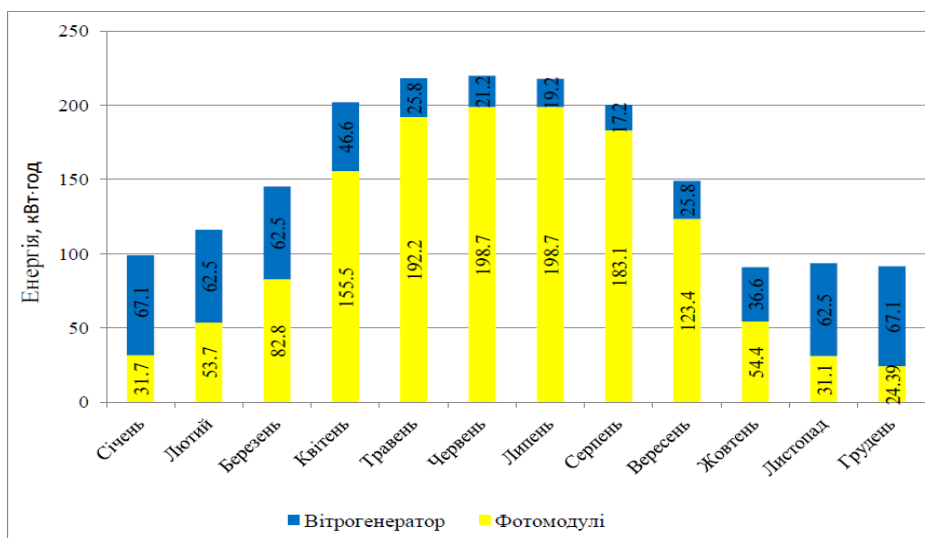


Рис. 2.10 – Графік виробленої енергії сонячними панелями та вітровою установкою

У системі використовується електричний кабель, призначений для сонячних установок, який має додаткову ізоляцію. Це дає змогу знизити

втрати електроенергії на відрізок від сонячних колекторів до контролера на 5–30 %. Для підвищення вихідної потужності в системі застосовано гібридний інвертор.



Рис. 2.11 – Інвертор AVi – Solar HT 10 K3P 10 кВт

Гібридний інвертор здійснює перетворення постійного струму на змінний з ефективністю 95 % та може працювати як у мережевому, так і в автономному режимах.

Коли обсяг енергії, виробленої з відновлюваних джерел, перевищує поточну потребу в електроенергії, надлишок накопичується в акумуляторній батареї. У разі, коли рівень заряду досягає E_{max} , утворюється надлишок згенерованої електроенергії.

Таблиця 2.6

Характеристики інвертора

Номінальна потужність	10 кВт
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Вихідна напруга	220~230 В
Вихідна частота	50 Гц
Напруга постійного струму	48 В
Споживання без навантаження	менше 50 Вт
Робочий струм інвертора	20 А
Струм заряджання	50 А
Напруга акумуляторної батареї	48 В
Габаритні розміри	165 × 500 × 625 мм

Надлишок енергії, вироблений з відновлюваних джерел і не накопичений в акумуляторній батареї, може бути або знижений шляхом обмеження генерації, або раціонально використаний, зокрема шляхом продажу за «зеленим тарифом». Щоб зменшити ризик пошкодження інвертора, у системі використовуються свинцево-кислотні акумуляторні батареї глибокого розряду. Їхня загальна ємність становить близько 100-800 А·год. Для забезпечення електроживлення використано акумуляторну систему Ventura GPL-12-100, технічні характеристики якої наведено в таблиці. Батареї з'єднано за послідовно-паралельною схемою, що дозволяє підвищити як їхню ємність, так і напругу [3].



Таблиця 2.7

Характеристики акумулятора

Характеристика	Показники
Номінальна напруга	12 В
Ємність	100 А год
Робочий температурний діапазон	Від -15 до $+50$ °C
Струм заряджання	18 А
Напруга при циклічному заряді	14 – 15 В
Напруга при буферному заряді	13,5 – 14 В
Залежність ємності від температури	102% 100% 85% 65% 40°C / 25°C / 0°C / -15 °C
Максимальний розрядний струм (5с)	650 А
Маса	30 кг

Середній обсяг виробленої електроенергії за тиждень становить близько 150 кВт·год, що є достатнім для енергозабезпечення невеликого підприємства.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Опис пристрою електропостачання.

Гібридний інвертор – пристрій, який об'єднує функції мережевого та автономного інверторів. При підключенні до акумуляторної батареї та наявності доступу до централізованої електромережі така система дозволяє максимально ефективно виробляти та накопичувати енергію, отриману від сонячних панелей.

Такі інвертори особливо корисні для домашнього використання, оскільки здатні виробляти електроенергію навіть без підключення до мережі. Саме тому в комбінованих системах застосовується гібридний інвертор. Рідкокристалічний вбудований дисплей дає змогу відслідковувати та налаштовувати основні параметри станції. ККД перетворення становить близько 96 %. Для правильної роботи інверторів НТР необхідне підключення акумуляторних батарей.

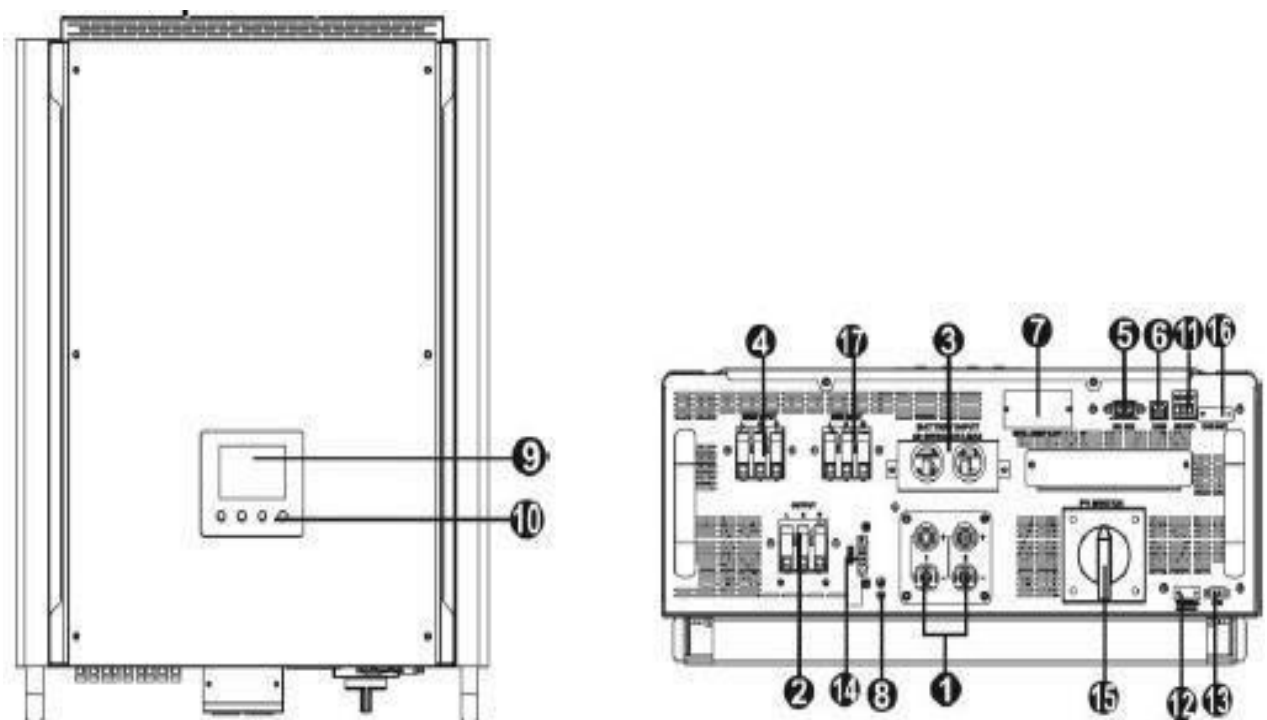


Рис.3.1 – Гібридний інвертор ABi-Solar HT 10K3P

1. Клеми для підключення джерел відновлюваної енергії;
2. Вихід змінного струму (навантаження);
3. Клеми для акумуляторної батареї
4. Клеми для підключення до електромережі
5. Порт RS-232 для зв'язку;
6. Порт USB;
7. Логічний слот;
8. Заземлення;
9. Рідкокристалічний (LCD) дисплей;
10. Кнопки керування;
11. Перекидне реле;
12. Датчик температури інвертора;
13. Аварійне відключення;
14. Порт EMS;
15. Вимикач постійного струму;
16. Реле керування (порт);
17. Контакти для підключення генератора

Цей гібридний інвертор обладнано всіма сучасними комунікаційними можливостями, що дозволяє в реальному часі відстежувати продуктивність домашньої електростанції через комп'ютер. Завдяки вбудованому веб-серверу інвертор передає дані через власну Wi-Fi мережу, забезпечуючи доступ до інформації при підключенні до Інтернету. Локальний інтерфейс показує детальну інформацію про енергію, вироблену сонячними панелями, її зберігання в акумуляторі, споживання та надлишки, що передаються до розподільної мережі за «зеленим тарифом».

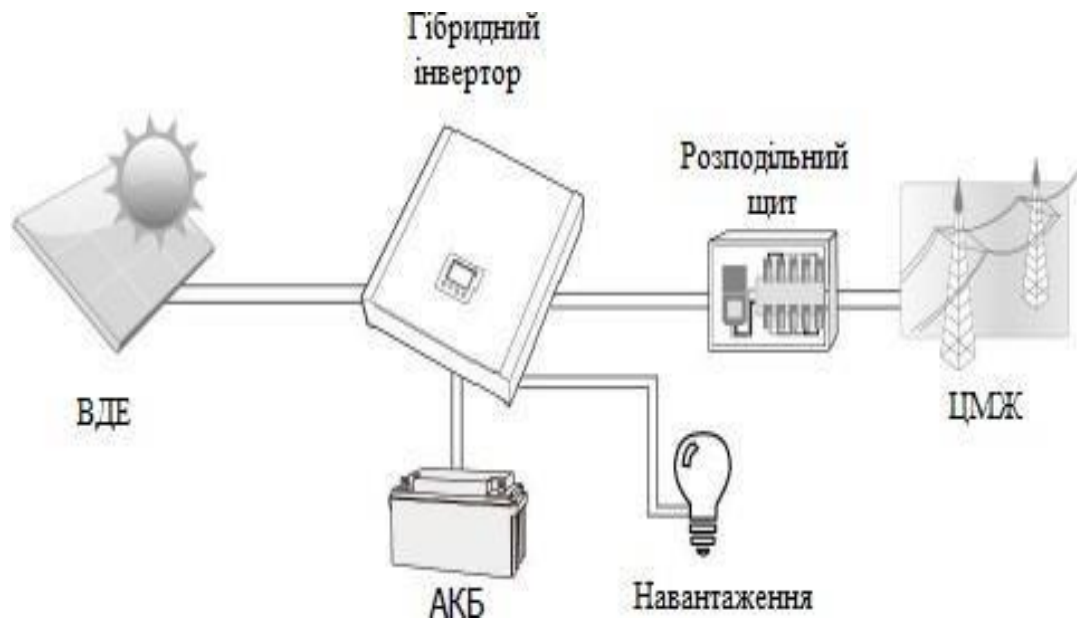


Рис.3.2 – Схема комутації гібридного інвертора

Крім того, передбачено віддалений доступ до всіх функцій через веб-інтерфейс, який активується після підключення інвертора до Інтернету. АВі-Solar HT 10K3P здатний надсилати електронні сповіщення про системні події, пов'язані з роботою автономного будинку, що дозволяє вчасно вживати запобіжних заходів. Таким чином, гібридним інвертором автономного будинку можна керувати з будь-якої точки світу.

3.2. Принцип дії програмного забезпечення системи

Після увімкнення інвертора встановлюємо необхідну потужність у програмному забезпеченні. Коли активовано режим «Аварійне управління живленням» і інвертор працює від акумулятора, він відключає вихід змінного струму, залишаючись підключеним до мережі. При цьому, якщо напруга батареї знизиться до заданого рівня, інвертор відключає мережевий вихід у режимі роботи від акумулятора.

Parameters setting

Min. grid-connected voltage: 104 V	The waiting time before grid-connection: 60 Sec
Max. grid-connected voltage: 264.5 V	Max. grid-connected average voltage: 253 V
Min. grid-connected frequency: 47.40 Hz	Max. feed-in grid power: 5.000 W
Max. grid-connected frequency: 51.5 Hz	Feed-in power factor: 1

Min. PV input voltage: 200 V	Floating charging voltage: 54 V
Max. PV input voltage: 900 V	Battery cut-off discharging voltage when Grid is available: 48 V
Min. MPV voltage: 250 V	Battery re-discharging voltage when Grid is available: 54 V
Max. MPV voltage: 850 V	Battery cut-off discharging voltage when Grid is unavailable: 42 V
Max. charging current: 60 A	Battery re-discharging voltage when Grid is unavailable: 48 V
Max. AC charging current: 60 A	Battery temperature compensation: 0 mV
Bulk charging voltage(C.V. voltage): 56 V	Max. battery discharge current in hybrid mode: 150 A
Start LCD screen-saver after: 30 Sec	Feeding grid power calibration: 0 W

Mute Buzzer alarm: ☐ Enable ☒ Disable	Generator as AC source: ☐ Enable ☒ Disable
Mute the buzzer in the Standby mode: ☐ Enable ☒ Disable	Wide AC input range: ☐ Enable ☒ Disable
Mute alarm in battery mode: ☐ Enable ☒ Disable	Parallel for output: ☐ Enable ☒ Disable
Activate Li-Fe battery while commissioning: ☐ Yes ☒ No	

Emergency power supply control

Battery voltage to cut-off mains output in battery mode: 42 V ☐ Enable ☒ Disable

Battery voltage to turn on mains output in battery mode: 48 V

Рис.3.3 – Вікно налаштування програмного забезпечення

Інвертор підключено до комп'ютера для обміну даними. Після ввімкнення на дисплеї відобразиться вікно з наступними параметрами:

- Частота та напруга мережі
- Частота, напруга, потужність, або % навантаження
- Потужність або напруга від відновлюваних джерел енергії
- Напруга або % заряду акумулятора
- Дата та тривалість періоду
- Режим роботи генерації



Рис.3.4 – Екран інвертора

Щоб відстежувати та визначати обсяг виробленої електроенергії, необхідно відрегулювати таймер інвертора. До такого інвертора можна підключати наступні типи акумуляторів:

- гелеві свинцево-кислотні;
- свинцево-кислотні;
- літієві

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні причини виникнення пожеж на виробництві

Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємствах важливо знати основні причини пожеж. Основними причинами пожеж на виробництві є: необережне поводження з вогнем; незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації; порушення режимів технологічних процесів; несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації; невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки. Вогневими роботами вважають виробничі операції, пов'язані з використанням відкритого вогню, іскроутворенням та нагрівом деталей, устаткування, конструкцій до температур, що здатні викликати займання горючих речовин і матеріалів, парів легкозаймистих рідин. До вогневих робіт належать: газо- та електрозварювання, бензино- та газорізання, паяльні роботи, варіння бітуму та смоли, механічна обробка металу з утворенням іскор. Відповідальність за заходи пожежної безпеки при проведенні зварювальних та інших вогневих робіт покладається на керівників дільниць, цехів, підприємств. Місця для проведення вогневих робіт можуть бути постійними і тимчасовими. Постійні місця визначаються наказом керівника підприємства, а тимчасові письмовим дозволом керівника підрозділу. Місця проведення вогневих робіт повинні бути вільними від горючих матеріалів у радіусі не менше 5 м. Для газового зварювання застосовують такі речовини, як ацетилен, метан, пари бензину та гасу, що збільшує небезпеку пожежі та вибуху. Карбід кальцію слід зберігати на стелажах у закритих барабанах у сухому добре провітрюваному наземному приміщенні. Організаційні та технічні протипожежні заходи. Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює

загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків. Пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення вживаються необхідні заходи щодо усунення негативного впливу небезпечних факторів пожежі на людей, споруди і матеріальні цінності. Протипожежний режим – це комплекс встановлених норм і правил поведінки людей, виконання робіт і експлуатації об'єкта, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки.

До технічних заходів належать: дотримання пожежних норм, вимог та правил при влаштуванні будівель, споруд, складів; підтримання у справному стані систем опалення вентиляції, обладнання; улаштування автоматичної пожежної сигналізації систем автоматичного гасіння пожеж та пожежного водопостачання; заборона використання обладнання, пристроїв приміщень та інструментів, що не відповідають вимогам протипожежної безпеки.

4.2 Допомога при ураженні електричним струмом

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. Дотик до струмопровідних частин (мережі під напругою) у більшості випадків призводить до судом м'язів, тобто людина самотійно не в змозі відірватися від провідника. Тому необхідно швидко відключити ту частину електрообладнання, до якої доторкається людина. Будь-яке зволікання при наданні допомоги, а також невміння того, хто допомагає, надати кваліфіковану допомогу, призводить до загибелі людини, яка знаходиться під дією струму.

Послідовність дій при наданні домедичної допомоги постраждалим при ураженні електричним струмом та блискавкою не медичними працівниками:

- 1) переконатися у відсутності небезпеки;
- 2) якщо постраждалий перебуває під дією електричного струму, при можливості припинити його дію: вимкнути джерело струму, відкинути

електричний провід за допомогою сухої дерев'яної палиці чи іншого електронепровідного засобу;

- 3) провести огляд постраждалого, визначити наявність свідомості, дихання;
- 4) Зателефонувати у бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги - 103;
- 5) якщо у постраждалого відсутнє дихання, розпочати проведення серцево- легеневої реанімації;
- 6) якщо постраждалий без свідомості, але дихання збережене, надати постраждалому стабільного положення;
- 7) Наслідки своєчасної і правильно наданої допомоги на місці події можуть бути зведені нанівець, якщо при підготовці до транспортування і доставці потерпілого до медичної установи не будуть дотримані відповідні правила.

Передусім потерпілого слід покласти на ноші, які застеляють ковдрою, одягом тощо, ставлять ноші з того боку потерпілого, де є ушкодження. Якщо тих, хто надає допомогу, двоє, вони повинні стати з двох боків нош. Один підкладає руки під голову і груднину, другий – під крижі і коліна потерпілого. Одночасно без поштовхів його обережно піднімають, підтримуючи ушкоджену частину тіла, і опускають на ноші. По рівній поверхні потерпілого несуть ногами вперед, при підйомі на гору або на сходах – головою вперед. Ноші весь час повинні бути у горизонтальному положенні. Щоб ноші не розгойдувались, необхідно йти не в ногу, злегка зігнувши коліна. При перевезенні потерпілого слід покласти його до машини на тих самих ношах, підстеливши під них що-небудь м'яке (ковдру, солому) [18]. Працівники, які обслуговують сонячно-вітрові енергоустановки повинні, знати і вміти надавати першу допомогу при ураженні електричним струмом.

4.3 Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики

Стійкість роботи об'єктів промисловості є одним з важливих чинників оцінки ефективності економіки. При виникненні надзвичайних ситуацій, дія різних вражаючих чинників на об'єкти промисловості, може привести до їх значного руйнування, поразки і втрат робочих і службовців, населення. Це, у свою чергу, може стати причиною скорочення об'ємів випуску промислової і сільськогосподарської продукції, зниження життєвого рівня населення. У воєнний час, особливо при застосуванні зброї масового ураження (ЗМУ), масштаби руйнування промислових об'єктів, загибелі і враження людей можуть бути значними. Тому і вимоги до стійкості роботи об'єктів промисловості у воєнний час повинні бути також значно вищими, оскільки економіка в озброєній боротьбі держав відіграє вирішальну роль. Вона визначає характер та способи ведення війни і здійснює визначальний вплив на військову могутність держави, на хід й результат війни. Досвід другої світової війни показав, що воюючі сторони прагнули завдати можливо більшого збитку економіці супротивника всіма способами і засобами озброєної боротьби. Під стійкістю роботи промислового об'єкту розуміють його здатність в умовах надзвичайних ситуацій випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при отриманні слабких і середніх руйнувань, при пожежах, повенях, зараженні місцевості, а також, при порушенні зв'язків по кооперації і постачанням відновлювати виробництво в мінімальні терміни. Стійкість роботи об'єктів тих, що не проводять матеріальні цінності, визначається їх здатність виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій. На стійкість роботи об'єктів промисловості в умовах надзвичайних ситуацій, впливають наступні чинники: захищеність робочих і службовців від наслідків аварій, катастроф, стихійних бід і різних засобів поразки; здатність будівель, споруд, технологічною устаткування, комунально-енергетичних і технологічних систем протистояти руйнуючій дії стихійних бід і сучасної зброї; надійність постачання об'єкту електроенергією, водою, паливом і

сировиною; стійкість і оперативність управління виробництвом і цивільним захистом (ЦЗ); готовність об'єкту до проведення рятувальних і невідкладних робіт і робіт по відновленню порушеного виробництва. Дані чинники визначають основні шляхи підвищення стійкості роботи промислових об'єктів в умовах надзвичайних ситуацій, це: забезпечення надійного захисту робочих і

службовців від вражаючих чинників в надзвичайних ситуаціях; захист основних виробничих фондів від руйнівної дії аварій, катастроф, стихійних бід і засобів поразки; забезпечення стійкого постачання всім необхідним для випуску запланованої продукції; підготовка до відновлення порушеного виробництва; підвищення надійності і оперативності управління виробництвом і цивільною обороною.

Для забезпечення надійного електропостачання в умовах надзвичайних ситуацій при його проектуванні і будівництві також повинні враховуватися вимоги ЦЗ. Електропостачання повинне здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції необхідно розміщувати на значних відстанях один від одного і від великих міст. Районні знижувальні станції, диспетчерські пункти та лінії електропередач необхідно розміщувати розосереджено, крім того, вони повинні бути надійно захищені. Постачання об'єктів промисловості слід передбачати від двох незалежних джерел. При електропостачанні від одного джерела повинно бути не менше двох введень з різних напрямів. Трансформаторні підстанції повинні бути надійно захищені і їх стійкість повинна бути не нижче стійкості самого об'єкту. Електроенергію до ділянок виробництва слід подавати незалежними електролініями, прокладеними в землі. Для стійкого постачання об'єктів енергією необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання /пересувні дизельні електростанції (ДЕС) на залізничних або автомобільних платформах/. Система електропостачання повинна бути надійно захищена від електромагнітного імпульсу ядерною вибуху.

4.4 Запобігання виникненню та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах енергетики.

В основу інженерно-технічних заходів щодо запобігання надзвичайним ситуація і зменшення можливих втрат і збитків від них повинні бути покладені конкретні превентивні заходи, які здійснюються за видами природних і техногенних небезпек та загроз. Запобігання більшості небезпечних природних явищ пов'язане із значними фінансовими і матеріально-технічними затратами. У техногенній сфері робота з попередження аварій повинна вестися на конкретних об'єктах і виробництвах. До них належать удосконалення технологічних процесів, підвищення надійності технологічного обладнання та експлуатаційної надійності систем, своєчасне оновлення виробничих фондів, застосування якісної конструкторської документації, високоякісної сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, використання кваліфікованого персоналу, створення і використання ефективних систем контролю та технічної діагностики, безаварійної зупинки виробництва, локалізація і ліквідація аварійних ситуацій. Місцеві органи виконавчої влади в першу чергу повинні забезпечити створення і підтримання в постійній готовності систем централізованого оповіщення населення. Одним із напрямків зниження масштабів надзвичайних ситуацій є будівництво і використання захисних споруд різного призначення: гідротехнічні захисні споруди (греблі, шлюзи, дамби, тощо), проведення берегоукріплюючих робіт від зсувів та обвалів. До превентивних заходів відноситься інженерний захист населення і територій від негативного впливу повеневих вод. Важливим напрямком превентивних заходів, які сприяють зменшенню масштабів надзвичайних ситуацій є створення і використання систем оповіщення населення, персоналу об'єктів і органів управління, що дозволяє вжити своєчасних заходів щодо захисту населення та зменшення матеріальних збитків.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ

5.1 Розрахунок затрат

В Україні, особливо в її західному регіоні, спостерігається відносно низький потенціал використання вітрової та сонячної енергії. За таких умов важливо розробити підходи до створення комбінованих гібридних систем, здатних забезпечити максимальну енергоефективність. Саме тому в цій кваліфікаційній роботі виконано розрахунок гібридної системи ефективного електропостачання на базі відновлюваних джерел енергії.

Отже, слід визначити витрати на впровадження системи та розрахувати строк її окупності, а також проаналізувати, наскільки така система є економічно доцільною.

Вартість обладнання, що входить до складу системи, має суттєве значення. Оскільки більшість компонентів для системи електроживлення є імпортованими, а їхня вартість залежить від валютного курсу, для зручності розрахунків і уникнення постійного перерахунку через коливання курсу цінові показники подаються в доларах США. Також у розрахунках враховано витрати на технічне обслуговування елементів системи протягом усього періоду її експлуатації, який становить орієнтовно 20 років, а також витрати, пов'язані із заміною окремих компонентів, зокрема акумуляторів через 10 років, та інші експлуатаційні витрати системи.

Під час розрахунків вітро-сонячної системи необхідно визначити її річну вартість за відповідним співвідношенням.

$$TAC = \frac{TLCC}{CPWF},$$

де TLCC (Total Life Cycle Cost) – загальна вартість системи протягом усього періоду експлуатації;

CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – сумарний фактор

реальної вартості – це економічний показник, який використовується для приведення майбутніх грошових витрат або доходів до їхньої поточної (реальної) вартості з урахуванням певної ставки дисконту (тобто знецінення грошей у часі).

Таблиця 5.1

Інвестиційні витрати			
Найменування матеріалів	Кількість	вартість, грн	Загальна сума,
Вітрогенератор EuroWind VS 3000W	1	273862	273862
Сонячна панель Solar Jinko KJM280P-60	30	2503	75090
Акумулятор Ventra GPL12-100	8	4750	38000
Інвертор Abi-Solar HT 103 K P	1	96215	96215
Транспортні витрати	-	7000	7000
Монтажні роботи	-	5100	5100
Усього			495267

Капітальні витрати призначені для закупівлі основних засобів та активів, що підлягають амортизації. Вони є для реалізації системи та виступають одним із ключових показників економічної оцінки проєкту. Розмір проєктних інвестицій і витрати на будівельно-монтажні роботи знаходяться на основі договірних та закупівельних цін.

Підприємство здійснює повний комплекс послуг із реалізації, встановлення та налаштування електростанцій.

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт визначається за відповідною формулою:

$$K_{mn} = \sum (Ч \times a \times t) \times K_d \times K_{cm} \times K_{np}$$

$$= (4 \times 25 \times 24 + 2 \times 31,9 \times 15) \times 1 \times 1,2 \times 1,1 = 5100 \text{ грн,}$$

де, Ч – кількість робітників і-го розряду, потрібна для виконання монтажних або налагоджувальних робіт, осіб; а – годинна тарифна ставка робітника і-го розряду, грн;

t – тривалість періоду, необхідного для проведення монтажних або налагоджувальних робіт, год;

$K_d = 1 \dots 1,6$ – коефіцієнт, що враховує величину надбавки до заробітної плати;

$K_{cm} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує податкові нарахування;

$K_{pr} = 1,1 \dots 1,6$ – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати на монтажні та налагоджувальні роботи.

Витрати на транспортування розраховуються з урахуванням тарифів перевізника, маси вантажу та відстані доставки.

Вантаж буде доставлено зі складу компанії. За розрахунками транспортної компанії, перевезення 6 вантажних місць загальною масою 1,5 т обійдеться в 7 000 грн.

Капітальні витрати складають:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \quad (5.2)$$

де, $K_{об}$ – вартість обладнання за сумарними витратами, без ПДВ;

$K_{тр}$ – витрати на транспортування та зберігання, грн.;

$K_{мн}$ – витрати на встановлення та налаштування системи, грн.;

$$K = 483167 + 7000 + 5100 = 495267 \text{ грн} \quad (5.3)$$

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності гібридної автономної системи енергопостачання на основі використання відновлюваних джерел енергії.

У результаті виконаних досліджень мною були здобуті такі результати:

Підібрано необхідне та найбільш ефективне обладнання, що використовуватиметься в цій системі електропостачання.

Проаналізовано метеорологічні дані, що включають інформацію про швидкість і напрямок вітру, тривалість сонячного випромінювання протягом доби та температуру зовнішнього середовища, які використовуються як вихідні дані для подальших розрахунків.

Проведений аналіз місячних сонячних та вітрових потенціалів показав відносно низький рівень ефективності, тому у цьому випадку доцільно використовувати комбіновану систему генерації електроенергії з відновлюваних джерел – сонячної та вітрової енергії.

У зв'язку з цим запропоновано гібридну вітро-сонячну систему, яка забезпечує найвищі енергетичні показники навіть за мінімальних рівнів сонячного випромінювання та швидкості вітру. Зокрема, коефіцієнт потужності вітроенергетичної установки підвищується завдяки застосуванню концентраторів вітрового потоку.

Проведені розрахунки показали, що кількість електроенергії, виробленої сонячними фотомодулями із сумарною встановленою потужністю близько 8 кВт та вітрогенератором потужністю 3 кВт, є достатньою для забезпечення електропостачання підприємства. Надлишок виробленої енергії може бути реалізований за «зеленим» тарифом, оскільки система має автономно-мережевий характер.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Циганок О.В. Альтернативні джерела енергії як засіб ресурсоефективності / О.В. Циганок // Випуск 22. – 2018. – С. 688–691.
2. Українська альтернативна енергетика: повільно, але стабільно [Електронний ресурс] // Baker Tilly Ukraine. – 5. – Режим доступу до ресурсу: <https://bakertilly.ua/news/id44270>.
3. Які сонячні панелі кращі - монокристалічні чи полікристалічні? [Електронний ресурс] // ГЕКСАГОН-ЕНЕРГІЯ Альтернатива енергії природи. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/me7rDpl>.
4. Чукрина В. Полікристалічні сонячні батареї [Електронний ресурс] / В. Чукрина // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://alternative-energy.com.ua/vocabulary/полікристалічні-сонячні-батареї/>.
5. / О. Герасимюк // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/te7r02e>.
6. Типи вітрогенераторів [Електронний ресурс] // atmosfera.ua – Режим доступу до ресурсу: <https://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostantsii/tipi-vitrogeneratoriv/>.
7. Камінський Ю. Вітрогенератори для дому: види, приблизні ціни, виготовлення своїми руками [Електронний ресурс] / Ю. Камінський // isu.org.ua. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/4e7twAi>.
8. Куц Т. Горизонтальний або вертикальний вітрогенератор? За і проти [Електронний ресурс] / Т. Куц // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/Ge7tnGf>.
9. Миронюк Д. Вітер та сонце – разом ефективніше [Електронний ресурс] / Д. Миронюк // solarlove.org. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecotown.com.ua/news/Viter-ta-sontse-razom-efektyvnishe/>.
10. Синєглазов В. М. Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем [Електронний ресурс] / В. М. Синєглазов // enerhodzherela.com.ua –

Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/ne7tUzD>.

11. Гібрид вітрогенератора і сонячних панелей [Електронний ресурс] // ВІР. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://vir.uan.ua/hybrid-wind-turbine-and-solar-panels/>.

12. Герасимюк О. SolarMill – гібридна установка, яка генерує енергію з вітру та сонячної енергії [Електронний ресурс] / О. Г // Компанія "Концепція Енергозбереження". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cutt.ly/Ve7tXyT>

13. Боровик Ю. Т. Проблеми та перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні / Ю. Т. Боровик, Ю. В. Єлагін.

14. Касич А. О. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах / А. О. Касич, Я. О. Литвиненко. // Випуск 12. – 2017. – С. 93–99.

15. Денисюк В. Ю. Автономні гібридні системи енергопостачання з використанням відновлювальних джерел енергії / В. Ю. Денисюк, В. С. Оленіч. // – С. 29–33.

16. Климко В. І. Інтелектуальна система керування електропостачанням окремого об'єкта від мережі та поновлюваних джерел енергії [Текст] / В. І. Климко, І. З. Щур // Проблеми розвитку систем енергетики і автоматики в АПК. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених (25-26 жовтня, 2012 р., м. Київ). – 2012. – С. 25-26.

17. Основні причини пожеж [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/31855/>.

18. Правила надання першої допомоги при ураженні електричним струмом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://lviv.dsp.gov.ua/?p=10723>.