

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра електричної інженерії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О. КОЛЛАРОВ
(ініціали, прізвище)
«___» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА

на тему Розробка автономної електростанції на базі вітряка та
фотоелектричних панелей

Виконав студент 3 курсу, групи ЕЛКзп-20
(шифр групи)

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

Володимир ЛІТОВАР
(ім'я та прізвище) _____
(підпис)

Керівник ст. викл. каф. Е. НЄМЦЕВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище) _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ініціали, прізвище) _____
(підпис)

Нормоконтроль:

Е. НЄМЦЕВ
(підпис)

Засвідчую, що у цій випускній
кваліфікаційній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

(дата)

(дата)

ЛУЦЬК – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (О. КОЛЛАРОВ)

« » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Володимиру ЛІТОВАРУ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Розробка автономної електростанції на базі вітряка та фотоелектричних панелей

керівник роботи Едуард НЄМЦЕВ, ст. викл. каф.

(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: _____

Домогосподарство з приймачами електричної енергії: холодильник,
мікрохвильова піч, телевізор, ноутбук, зарядка телефону, чайник, бойлер,
біговий тренажер, кондиціонер, світлодіодна лампа, wi-fi маршрутизатор

Місцезнаходження: н.п. Вільне Одеська область

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Вивчення технологій виробництва та накопичення електроенергії з ВДЕ

2. Характеристика місцевості та об'єкта дослідження

3. Розрахунок сонячної електростанції. Вибір обладнання

4. Технічні рішення та розрахунки ВЕУ

5. Дослідження фотоелектричної та вітрової установки шляхом моделювання

6. Розробка питань з охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, якщо передбачається)

Вісім слайдів презентаційного матеріалу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Пункт 4.1 – 4.5	Е. НЄМЦЕВ, ст. викл. каф.		
Пункт 4.6	О. КОЛЛАРОВ зав. каф.		
Нормоконтроль	Е. НЄМЦЕВ, ст. викл. каф.		

7. Дата видачі завдання 08 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Пункт 4.1	08.05.23 – 12.05.23	
2.	Пункт 4.2	12.05.23 – 16.05.23	
3.	Пункт 4.3	16.05.23 – 22.05.23	
4.	Пункт 4.4	22.05.23 – 29.05.23	
5.	Пункт 4.5	29.05.23 – 08.06.23	
6.	Пункт 4.6	08.06.23 – 12.06.23	
7.			
8.			
9.			

Студент _____
(підпис)

Володимир ЛІТОВАР
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Едуард НЄМЦЕВ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Володимир ЛІТОВАР. Розробка автономної електростанції на базі вітряка та фотоелектричних панелей / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Дипломна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає п'ять розділів, висновків, переліку джерел посилання та додатків.

У першому розділі вивчено питання технології виробництва електроенергії з відновлюваних джерел електроенергії.

У другому розділі вивчена місцевість під автономну електростанцію, оцінений сонячний потенціал ділянки.

У третьому розділі визначена інтенсивність сонячної радіації, проведений розрахунок та вибір сонячних панелей та інвертору, розрахований об'єм виробництва електроенергії протягом року.

У четвертому розділі проведений вибір електроустановки та перетворюючого обладнання, за даними про ймовірності швидкостей вітрів спрогнозований об'єм генерації електроенергії за місяцями.

У п'ятому розділі виконані моделювання сонячних панелей і вітроустановки. Отримані характерні залежності.

Ключові слова: вітроустановка, електроенергія, сонячна радіація, фотоелектрична панель, MATLAB, Simulink, моделювання, акумуляторна батарея, інвертор, генерація, відновлювані джерела енергії

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	7
1 ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	3
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА СПОСОБІВ ЇЇ НАКОПИЧЕННЯ	8
1.1 Технології виготовлення фотоелектричних модулів	8
1.2 Типи фотоелектричних станцій	11
1.3 Класифікація вітрогенераторів	14
1.4 Принципи та засоби зберігання електроенергії	16
1.4.1 Механічні системи зберігання	18
1.4.2 Електрохімічні системи зберігання	19
1.4.3. Хімічні системи зберігання	20
2 ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЕВОСТІ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1 Особливості розташування та клімату	23
2.2 Аналіз власних потреб об'єкту домогосподарства	24
2.3 Сонячний потенціал ділянки	26
3 РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	28
3.1 Визначення кількості сонячної радіації	28
3.2. Розрахунок основних параметрів для встановлення фотомодулів	32
3.3. Розрахунок і вибір сонячних панелей, інверторів. Об'єм генерованої електроенергії сонячною станцією	35
3.4. Розрахунок виробленої електроенергії станцією	39
3.5. Розрахунок та вибір кабелів	41
4 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ВЕУ	43
4.1 Визначення швидкості вітроустановки	43
4.2 Вибір вітрогенератора та перетворюючого обладнання	44
4.3 Розрахунок виробітки електроенергії вітроустановки	45
4.4 Розрахунок кабельних з'єднань	49
4.5 Вибір накопичувачів енергії	51

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ВІТРОВОЇ УСТАНОВКИ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ	54
5.1 Моделювання сонячних панелей	54
5.2 Моделювання вітрогенератора	56
ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	60
ДОДАТОК А	61
ДОДАТОК Б. ПИТАННЯ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ З ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ	62
ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА	66

ВСТУП

Технологія зберігання електроенергії відіграє важливу роль у сучасному використанні електричних мереж. Інтелектуальні мережі дозволяють контролювати систему, враховуючи годинні зміни в потребах споживачів. Зокрема, вони зберігають електроенергію, отриману у час, коли вона дешева і не потрібна системі, для подальшого використання в періоди пікового споживання, коли вартість енергії зростає.

На сьогоднішній день в Україні більшість мережевого обладнання експлуатується більше ніж 40 років і вичерпало свій ресурс. Впровадження цих технологій допомагає вирішити проблеми, як-то коливання потужності та ненадійне енергопостачання, що можуть виникати при використанні великої кількості відновлюваної енергії.

Стан Застаріле обладнання, недостатня автоматизація та оптимізація роботи мережі призводять до неефективної роботи електромережі, яка значно відстає від європейських стандартів. Отже, це створює необхідність розробки нових методів для покращення ефективності використання відновлюваних джерел енергії.

Цей підхід має свої плюси та мінуси. Серед переваг методу акумуляції енергії за допомогою резервних ресурсів можна виділити більш стабільне з'єднання об'єктів відновлюваної енергії з мережею та зможу керовано використовувати резерви для задоволення пікових потреб мережі. З іншого боку, мінуси включають високу вартість реалізації таких проєктів, проблеми з утилізацією джерел акумуляції після їхнього відходу з експлуатації та при закінченні терміну служби.

1 ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ТА СПОСОБІВ ЇЇ НАКОПИЧЕННЯ

1.1 Технології виготовлення фотоелектричних модулів

Сектор сонячної енергетики розширюється неймовірними темпами, а асортимент сонячних панелей продовжує дивувати своєю різноманітністю. Нові моделі розробляються для задоволення різних потреб, від домашніх дахових фотовольтаїчних установок до сонячних електростанцій промислових розмірів. Давайте розглянемо найпопулярніші типи сонячних модулів, що використовуються в сучасному світі.

1. Монокристалічні. Дані панелі складаються з елементів, які в даний час мають найвищий коефіцієнт конверсії - до 22% у моделей для широкого загалу і до 38% для тих, що використовуються в космосі. Монокристалічний силікон для цих панелей виробляється з високоочищеної сировини (99,99%). У порівнянні з полікристалічними модулями, виробництво монокристалічних елементів є складнішим процесом, що зумовлює вищу вартість таких панелей. Основною перевагою цих панелей є їх здатність ефективно працювати навіть при слабкому освітленні - в хмарні та дощові дні, а також в північних областях, де темрява триває більшу частину дня. З іншого боку, їх основними недоліками є вища вартість порівняно з полікристалічними панелями та більш великий об'єм відходів під час виробництва. Вони відрізняються округлими кутами і однорідною поверхнею, що пов'язано з тим, що при виробництві монокристалічного силікону отримують циліндричні заготовки. Однорідність кольору та структури монокристалічних елементів впливає з того, що вони являють собою єдиний вирощений кристал силікону з однорідною кристалічною структурою.

2. Полікристалічні панелі. Їхній коефіцієнт конверсії досягає 18%. Вони мають трохи нижчу ефективність, оскільки в процесі виробництва полікристалічного силікону використовується не тільки високоочищений первинний силікон, але й вторинні матеріали, такі як перероблені сонячні панелі або відходи кремнію з металургійної промисловості. Це призводить до появи різних дефектів в полікристалічних елементах, включаючи межі між кристалами, мікроскопічні дефекти, а також забруднення вуглецем і киснем. З плюсів полікристалічних панелей можна виділити низькі виробничі витрати, високу ефективність при хмарній погоді та широку доступність. Однак до недоліків відносяться швидке старіння модулів і нижчий коефіцієнт конверсії порівняно з монокристалічними панелями. Полікристалічні елементи мають квадратну форму, тому що в процесі виробництва використовуються прямокутні заготовки. Вони мають неоднорідний колір і структуру, що впливає з того, що вони складаються з багатьох різних кристалів силікону і містять невелику кількість домішок.

3. HJT (Гетероперехід із ультратонким шаром). Це інноваційна технологія, яка об'єднує методики використання кристалічних кремнієвих пластин та ультратонких шарів аморфного силікону, що сприяє підвищенню ефективності перетворення модуля. Основними перевагами таких панелей є вищий коефіцієнт конверсії та аморфні шари, які сприяють збільшенню добового виробітку енергії, оскільки вони менш чутливі до впливу тіні та хмар. Вони вважаються одними з найефективніших фотоелементів, здатних досягати ККД до 22%. Однак до недоліків відносяться більш високі виробничі витрати порівняно з іншими типами панелей з цього списку.

4. PERC (Passivated Emitter Rear Cell) Виробництво фотоелементів PERC включає в себе внесення додаткового шару - діелектрика - між кремнієм та алюмінієм. В цьому діелектричному шарі створюються мікроскопічні отвори за допомогою лазера, через які відбувається контакт. Діелектричний шар

виконує функцію відбивача, збільшуючи поглинальну здатність та зменшуючи перегрів фотоелемента. Це приводить до підвищення ефективності фотоелемента, яка може досягати до 22%. Однак, технологія PERC все ще знаходиться на стадії дослідження і розробки, і через це її вартість наразі є високою.

5. Двосторонні. Дані сонячні панелі відрізняються від стандартних фотомодулів тим, що вони використовують обидві сторони панелі, а не лише одну. Традиційно, алюмінієва основа на задній стороні фотомодулів була непрозорою, але у двосторонніх панелях алюмінієвий шар видалається. Це відкриває напівпровідниковий матеріал, який може генерувати енергію, використовуючи світло, що падає на обидві сторони панелі. Дана особливість дозволяє досягати більшої ефективності. Зокрема, вони можуть бути на 22-30% ефективнішими, ніж односторонні панелі. Ефективність лицьової сторони може досягати 18%, тоді як задня сторона - приблизно 15%. Двосторонні панелі використовують подвійне ізолююче скло, що забезпечує більш тривалий термін експлуатації - до 30 років. Однак, серед недоліків таких панелей - низька ефективність при розсіяному сонячному випромінюванні та високі виробничі витрати.

6. Тонкоплівкові сонячні панелі виготовляються з використанням спеціальних напівпровідників, зокрема міді-індію, селеніду та телуриду кадмію. Головною перевагою цих панелей є їх гнучкість, яка дозволяє їх використання в різноманітних додатках, включаючи одяг. Однак ефективність тонкоплівкових панелей відносно низька, вона складає від 6 до 14%, в залежності від використовуваного матеріалу. За рахунок простоти виробництва і дешевизни матеріалів, ці панелі досить економічні. Вони також ефективно працюють при розсіяному сонячному світлі. З іншого боку, їх встановлення вимагає значних площ, вони мають низьку міцність та швидко деградують.

7. Сонячні панелі типу Halfcell відрізняються особливою конструкцією, яка передбачає використання 12 комірних стрінгів замість стандартних 6. Ця особливість дозволяє знизити вплив затінення і зменшити енергетичні втрати за рахунок генерації менших струмів. Ефективність цих панелей може досягати 17-20%. Проте, збільшення кількості комірних стрінгів веде до збільшення кількості з'єднань, що може знизити надійність фотоелементу.

1.2 Типи фотоелектричних станцій

Автономні сонячні електричні станції (СЕС) можуть служити як основним або резервним джерелом електроенергії.(рис. 1.1) Вони стають незамінними там, де підключення до загальної електромережі не є можливим, але при цьому існує потреба в надійному джерелі стабільної електроенергії. Це можуть бути віддалені котеджі або готелі, станції заправки автомобілів, а також промислові та комерційні об'єкти, які знаходяться далеко від традиційних комунікацій.

Автономні сонячні електричні станції зазвичай стають ключовими в таких ситуаціях:

- У разі частих відключень електроенергії, що є поширеним явищем для різних регіонів України. Старі радянські електромережі не можуть впоратися з навантаженнями від сучасних електроприладів, таких як бойлери, насоси для свердловин, системи опалення та поливу. Це часто призводить до відмови трансформаторів і відключення електропостачання в цілому районі.
- У випадках повної відсутності електромережі. Підключення до місцевої електромережі зазвичай вимагає значних фінансових витрат,

особливо якщо будинки розташовані далеко від існуючих ліній електропередач. В таких випадках використання СЕС стає найбільш доцільним.

- У разі недостатньої призначеної потужності. Для фермерських господарств або виробничих об'єктів, що знаходяться далеко від великих міст або електростанцій, часто недостатньо максимальної потужності, яку може виділити місцева електромережа. В таких випадках автономні СЕС, використані самостійно або в поєднанні з іншими джерелами відновлюваної енергії, допомагають вирішити проблему.

Мережеві СЕС базуються на сонячних батареях і мережевому інверторі. Їх нормальна робота залежить від підключення до зовнішньої електромережі. Якість та наявність цієї мережі (разом із сонцем, звичайно) мають вирішальне значення для роботи такого типу СЕС. Без центрального електропостачання, така СЕС буде непрацездатна, навіть при сонячній погоді. Головний недолік цього типу СЕС - залежність від центрального електропостачання. Однак вони є досить дешевими та мають високий загальний ККД (90-95%), що робить їх атрактивними для виробництва та продажу електроенергії за «Зеленим тарифом».

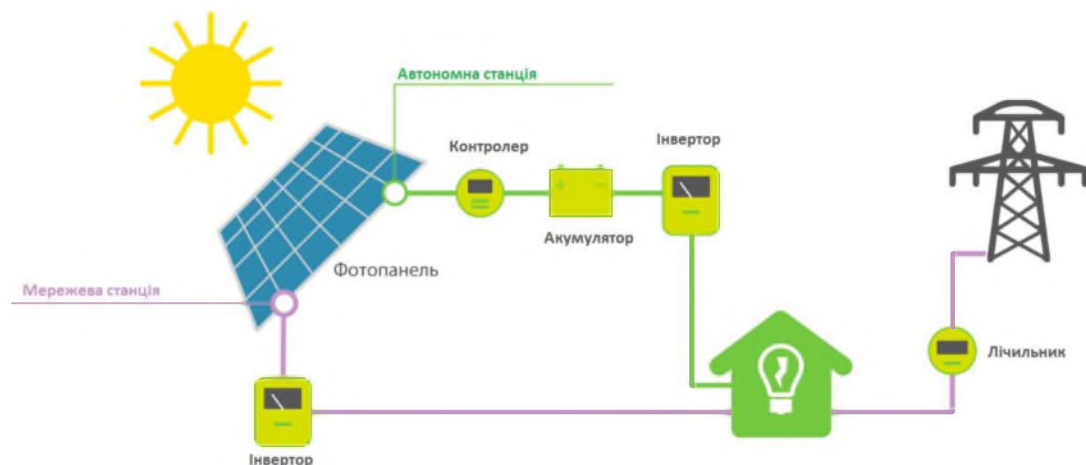


Рисунок 1.1 – Схеми підключення СЕС автономної та мережевої

Гібридні СЕС представляють собою основну схему мережевої СЕС з додатковим банком акумуляторних батарей, контролером заряду і заміною мережевого інвертора на гібридний (рис. 1.2). Вони можуть зберігати частину енергії, виробленої в сонячний період, в акумуляторах для подальшого використання, коли зовнішня електромережа недоступна.

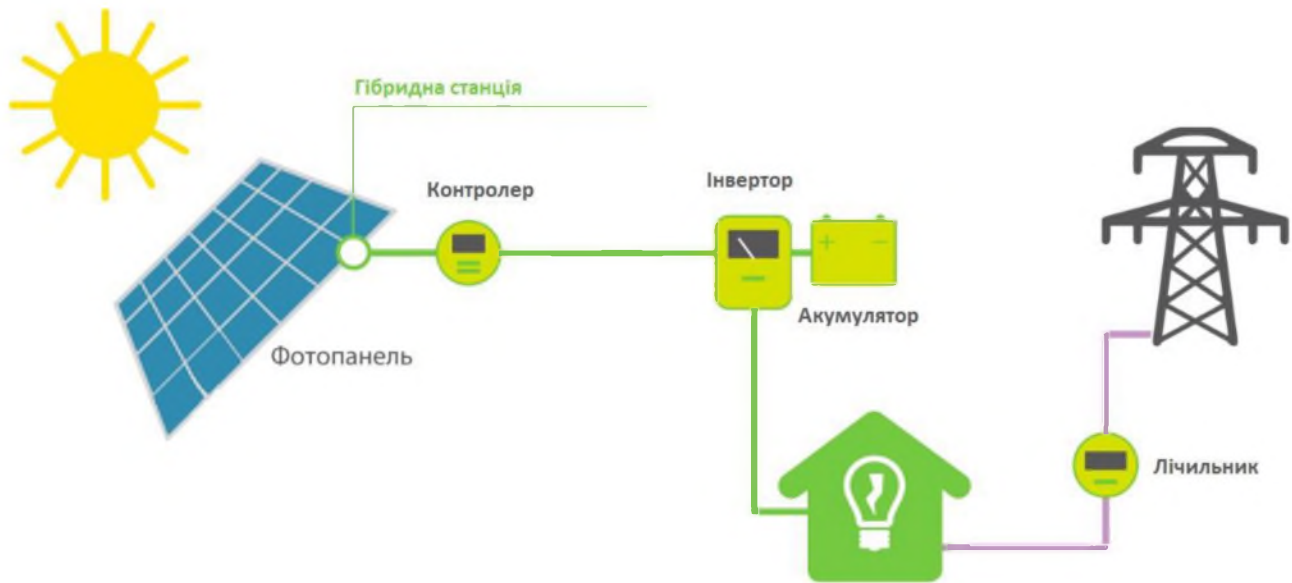


Рисунок 1.2 – Схема підключення гібридної СЕС

Завдяки наявності банку акумуляторних батарей, вони менш залежні від центрального електропостачання і використовуються як частина системи неперервного живлення там, де центральне електропостачання є недостатнім або ненадійним. Головним недоліком таких систем є висока вартість, особливо банку акумуляторних батарей і потужного інвертора, які необхідні для довготривалої неперервної роботи системи і підключення великих навантажень.

1.3 Класифікація вітрогенераторів

Вітроенергетика є сектором енергетики, який займається перетворенням енергії вітру на електричну, механічну, теплову енергію або будь-який інший вид енергії, який можна використовувати в економіці. Цей процес перетворення відбувається за допомогою спеціалізованих пристроїв, таких як вітрогенератори для виробництва електричної енергії, вітряки для генерації механічної енергії, або вітрила для застосування у транспорті.

Вітроенергетика є одним з найбільш секторів відновлюваної енергетики, що активно розвиваються. На кінець 2010 року загальна потужність всіх вітрогенераторів світу склала 196,6 Гігават. У 2014 році вони згенерували 706 Терават-годин електричної енергії, що становить близько 3% від загальної кількості енергії, виробленої людством.

Вітроенергетичні системи можуть бути розрізнені за різними критеріями.

1. Згідно з положенням осі обертання вітроколеса.

За орієнтацією осі обертання вітряка, вони можуть бути горизонтально-осьовими, коли вісь обертання паралельна потоку повітря, або вертикально-осьовими, коли вісь перпендикулярна потоку.

2. За типом сили, що приводить вітроколесо до руху

Можуть бути розрізнені на ті, що використовують силу опору, і ті, що використовують підйомну силу. Перші, відомі як драг-машини, обертаються із швидкістю, яка менша за швидкість вітру, тоді як останні, ліфт-машини, мають більшу швидкість обертання за швидкість вітру.

3. За геометричним заповненням вітроколеса,

У більшості випадків визначається числом лопатей, є системи з великим заповненням, які виробляють більшу потужність при слабкому вітрі та

досягають максимальної потужності при малих оборотах. З іншого боку, системи з малим заповненням досягають максимальної потужності при великих обертах і потребують більше часу для досягнення цього режиму. В залежності від використання, перші можуть застосовуватися в насосах для води, оскільки вони продовжують працювати навіть при слабкому вітрі, тоді як останні використовуються для генерації електрики, де потрібна висока швидкість обертання.

4. По кількості лопатей:

- однолопастні
- двухлопастні і трилопатеві вітрогенератори
- багатолопатеві вітрогенератори

Однолопастні вітрогенератори мають лише одну лопать. Дво- та трилопастні вітрогенератори мають дві або три лопаті відповідно. Багатолопастні вітрогенератори включають в себе ті, що мають більше ніж три лопаті. Цікаво, що багатолопастні вітрогенератори починають обертатися при меншій швидкості вітру порівняно з іншими типами. Однак для вироблення електроенергії не достатньо просто обертатися, важливо досягти необхідних оборотів. Це стає проблематичним, оскільки кожна додаткова лопать збільшує опір вітру, знижуючи ефективність генератора. Тому, хоча багатолопастні вітрогенератори і обертаються при меншій швидкості вітру, вони не є найкращим вибором для вироблення електроенергії. Проте, вони можуть бути корисні у випадках, коли потрібні низькі оберти, наприклад, для перекачування води.

5. За матеріалами лопатей:

- жорсткі лопаті вітрогенератора
- вітрильні вітрогенератори

Жорсткі лопаті - це стандартні лопаті, виготовлені з твердих матеріалів. Вітрильні вітрогенератори мають лопаті, виготовлені з тканини або інших

гнучких матеріалів. Жорсткі лопаті, незважаючи на вплив пилу і піску в повітрі, можуть працювати без обслуговування, хоча вони можуть дещо втратити в ефективності і створювати додатковий шум. Вітрильні лопаті, з іншого боку, мають більшу ймовірність пошкодження від сильного вітру і можуть потребувати заміни вже після перших штормів.

6. За кроком гвинта:

- фіксований крок гвинта
- змінний крок гвинта

Вітрогенератори з фіксованим кроком гвинта працюють ефективно лише при певних швидкостях. Вітрогенератори зі змінним кроком гвинта можуть працювати ефективніше при різних швидкостях. Однак змінний крок гвинта вимагає більш складної конструкції, що може знизити загальну надійність вітрогенератора і призвести до збільшення ваги вітроколеса. Це, у свою чергу, може вимагати додаткового посилення конструкції і додаткового обслуговування. Фіксований крок гвинта, змінний кут закрутки може бути оптимальним варіантом, оскільки він дозволяє збільшити діапазон швидкостей без значного збільшення вартості або зниження надійності.

Вітроелектричні станції з горизонтальною віссю обертання є найпоширенішими у світі. Ці станції зазвичай мають три лопаті, що вважається найбільш ефективною конфігурацією згідно з теорією "ідеального вітряного колеса". З іншого боку, вертикально-осьові вітроелектричні станції не так широко використовуються через їхню велику вагу і нижчий коефіцієнт використання вітрової енергії.

1.4 Принципи та засоби зберігання електроенергії

Широко використовуваний підхід для класифікації систем зберігання електроенергії – це визначення відповідно до форми використовуваної енергії. На рис. 1.3 системи зберігання електричної енергії класифіковані на механічні, електрохімічні, хімічні, електричні та теплові системи зберігання енергії. Водень та синтетичний природний газ виступають як вторинні джерела енергії, що можуть зберігати електричну енергію за допомогою процесу електролізу води. Цей процес приводить до виробництва водню, а за необхідності – і метану на наступному етапі. Цей поєднаний процес електролізу та використання паливних елементів є формою електрохімічного зберігання енергії. Однак, ці два гази мають багато використань як носії енергії. Наприклад, вони можуть генерувати електрику в газових або парових турбінах.

Вищезгадані гази можуть також використовуватись у концентрованих сонячних електростанціях, де гарячі розплавлені солі зберігають енергію. Вони можуть також бути застосовані в системах стисненого повітря, де використовується адіабатичний процес для підвищення ефективності зберігання тепла.

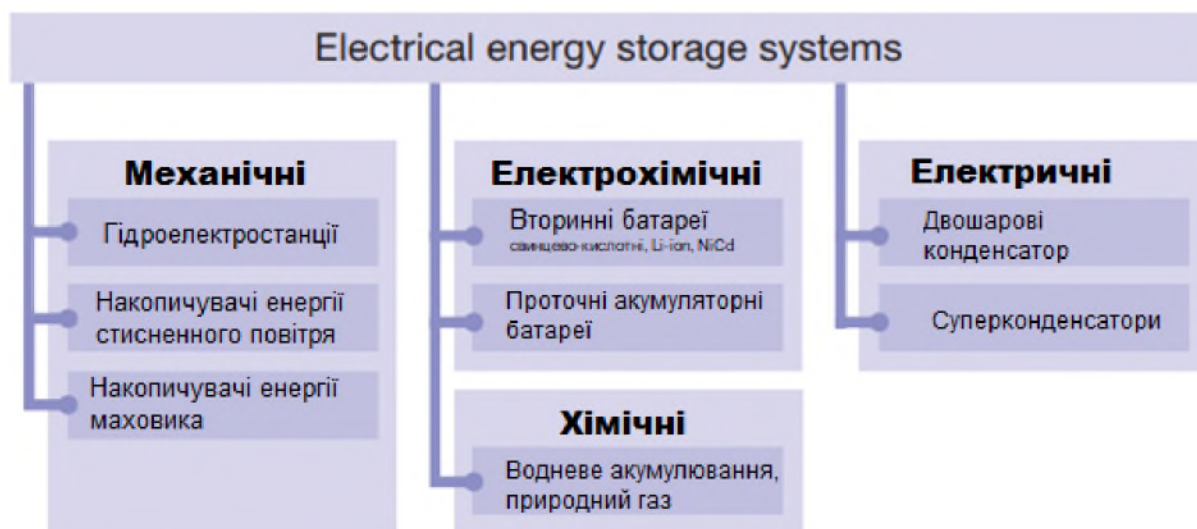


Рисунок 1.3 – Класифікація систем зберігання електричної енергії по формі енергії

1.4.1 Механічні системи зберігання

Найпоширенішими механічними системами накопичення є насосні гідроелектростанції (насосні гідроакумулятори), накопичувачі енергії стисненого повітря та накопичувачі енергії маховика.

1. Стандартні гідроакумуляуючі насосні системи використовують два резервуари для води, розташовані на різних висотах. У непіковий час вода перекачується з нижнього резервуару в верхній (це називається "зарядкою"). Коли виникає потреба, вода струмує назад з верхнього резервуару в нижній, використовуючи турбіну з генератором для виробництва електриці. До переваг такого підходу відносяться довгий термін служби та фактично необмежена стабільність циклу. Основні недоліки - це залежність від географічних умов і значне використання земельних ресурсів.

2. Системи зберігання енергії в стисненому повітрі використовують електричну енергію для стиснення повітря і зберігають його або в підземних спорудах, або в надземних ємностях або трубах. Коли потрібна енергія, стиснене повітря змішується з природним газом, після чого воно згорає і розширюється в модифікованій газовій турбіні. Головною перевагою цього методу є його великий об'єм зберігання, а недоліками - низька ефективність циклу зарядка-використання і обмеження у виборі місця розташування.

3. Система зберігання енергії з використанням маховика робить акцент на підтримку обертання об'єкта з постійною швидкістю. Збільшення швидкості обертання веде до збільшення кількості збереженої енергії. Для прискорення маховика електроенергія подається через пристрій передачі.

1.4.2 Електрохімічні системи зберігання

А) Вторинні батареї

1. Акумулятори на основі свинцево-кислотного принципу (LA) можуть привести до скорочення вартості для стаціонарних систем зберігання енергії. Однак, вони мають декілька недоліків. Зокрема, при великому розряді потужності, ефективність цих акумуляторів знижується, пропонуючи тільки 50-70% від номінальної ємності, якщо акумулятор розряджається за годину. Крім того, вони характеризуються низькою щільністю енергії і використовують свинець, що є небезпечним матеріалом і його використання обмежено в ряді регіонів.

2. Нікель-кадмієві та нікель-металгідридні батареї (NiCd, NiMH) мають схожі характеристики з свинцево-кислотними. Однак через токсичність кадмію, NiCd-акумулятори в основному використовуються для стаціонарних цілей в Європі, оскільки їх використання для споживчих цілей було заборонено у 2006 році. Нікель-металгідридні акумулятори (NiMH) були розроблені як альтернатива NiCd. Хоча вони володіють більшістю позитивних аспектів NiCd-батареї, максимальна ємність їхнього заряду все ще значно нижча ніж у NiCd або свинцево-кислотних батарей. Зате NiMH-акумулятори мають значно вищу енергетичну щільність (відносно ваги).

3. Літій-іонні акумулятори (Li-ion) - це дуже ефективний тип акумуляторів з ефективністю у 95% - 98%. Вони можуть працювати протягом великого діапазону часу - від секунд до тижнів, що робить їх надзвичайно гнучкими та універсальними у зберіганні енергії. Однак, літій-іонні батареї можуть бути термічно нестабільними і розкладатися при високих температурах, що може призвести до випуску кисню і ризику теплових витоків. Щоб зменшити цей ризик, такі батареї обладнані системами контролю, які

перешкоджають перезаряджанню та перерозряджанню. Зазвичай встановлюють також систему балансування напруги, яка контролює напругу кожної комірки та запобігає відхилень напруги між ними.

1.4.3. Хімічні системи зберігання

1. Водневе акумулювання.

Стандартна воднева зберігаюча система містить три основних компоненти: електролізер, водневий резервуар і паливний елемент. Електролізер це прилад, що за допомогою електричного струму розділяє воду на водень та кисень. Це процес вимагає тепла, отже він є ендотермічним. Водень, що був видобутий, зберігається у газових балонах або контейнерах під тиском, і це можна здійснювати протягом безлічі часу.

У паливному елементі, обидва гази - водень та кисень - знову об'єднуються в електрохімічній реакції, що є прямо протилежною до розщеплення води, що сталося в електролізері. В результаті цього об'єднання, водень і кисень трансформуються назад у воду, виробляючи тепло та електроенергію. З економічних та практичних причин, кисень не зберігається після електролізу, а випускається у атмосферу. Кисень для електроенергії забирається з атмосфери.

Методи виробництва електроенергії з водню можуть включати використання газових двигунів, газових турбін або комбінації газових та парових турбін. Водневі системи з паливними елементами (менше 1 МВт) та газовими двигунами (менше 10 МВт) можуть бути використані для одночасного виробництва тепла та електрики в децентралізованих установках.

Більш потужні газові та парові турбіни можуть служити як пікові електростанції. Загалом, ефективність таких систем є приблизно 40%.

Є різноманітні методи зберігання водню: як газу під високим тиском, як рідини при екстремально низькій температурі, в адсорбованому стані на метал гідридах або у формі хімічно зв'язаного у складних гідридах. Однак, для стаціонарного використання, газоподібне зберігання під високим тиском є найпоширенішим. Малий обсяг водню можна зберігати в наземних резервуарах або балонах під тиском до 900 бар, але для більшого об'єму водню можна використовувати підземні трубопроводи або навіть соляні каверни об'ємом до 100 000 м³ під тиском до 200 бар.

До цього часу, не було розроблено жодну комерційну водневу зберігаючу систему, що використовувала б відновлювані джерела енергії. Однак, декілька наукових дослідницьких проектів протягом останніх 25 років успішно показали потенціал використання водневих технологій, як наприклад проект на автономному острові Утсіра в Норвегії. Інший приклад - гібридна електростанція у Німеччині, що в даний час знаходиться в стадії будівництва. Тут використовується вітрова енергія для виробництва водню через електроліз, якщо її неможливо безпосередньо поставити в мережу. При потребі, збережений водень додається до біогазу, що використовується в газовому двигуні. Крім того, вироблений водень планується використовувати для заправних станцій водню в міжнародному аеропорту Берліна.[1]

2. Акумуляування природним газом

Синтетичний природний газ (СПГ), або синтезований метан, є альтернативою для зберігання електричної енергії у формі хімічної енергії. В цьому процесі, додатковий етап залучений до розщеплення води через електроліз - етап метанації, де водень реагує з діоксидом вуглецю (CO₂) для виробництва метану.

СПГ, який був вироблений, може бути збережений в балонах під тиском, у підземних сховищах, або він може бути прямо поданий в газову мережу. Джерела для CO₂, необхідного для процесу метанації, можуть бути різноманітні, включаючи термоелектростанції, промислові комплекси або біогазові установки.

Щоб обмежити енергетичні втрати, краще уникати перевезення водню та CO₂ до місця метанації. Тому виробництво СПГ більш підходяще у місцях, де є доступ до CO₂ і надлишку електричної енергії. Один з прикладів - використання CO₂ з процесу виробництва біогазу, що є дуже поширеним.

Також необхідно мати проміжне зберігання газів на місці, оскільки метанізація є безперервним процесом. Недавно такі "енергія-до-метану" системи стали предметом різних дослідницьких проектів, наприклад в Німеччині.

Великою перевагою цього підходу є можливість використання вже існуючих газових мереж, особливо в Європі. Однак, можна додати водень до газової мережі тільки до певного рівня, щоб зберегти параметри газу в межах норм. Крім того, метан має більшу щільність енергії, тому його перевезення трубопроводами менш енерговитратне.

Основним недоліком СПГ є його відносно низька ефективність через енергетичні втрати під час електролізу, метанації, зберігання, транспортування та подальшого перетворення назад в електричну енергію. Загальна ефективність є меншою за 35%, що є нижчим, ніж для водню.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЦЕВОСТІ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Особливості розташування та клімату

Площа ділянки для розміщення комплексного об'єкту для домашнього господарства 800 кв. м в населеному пункті Вільне.

Область, яка є предметом дослідження, має помірно-континентальний клімат. Вона відзначається сухими спекотними літами та помірно холодними зимами з нестійким сніговим покривом. Згідно із будівельними нормами СНиП 2.01.01-82, середньорічна температура становить $+9,7^{\circ}\text{C}$, тоді як у січні, найхолоднішому місяці, вона становить $-3,4^{\circ}\text{C}$, а в липні, найтеплішому місяці, $+23,3^{\circ}\text{C}$. Найвища зареєстрована температура була $+41^{\circ}\text{C}$, а найнижча - -29°C .

Що стосується вітрів, найчастіше вони бувають північно-східного напрямку в січні (з повторюваністю 22%) та північно-західного, північного, північно-східного напрямків у липні (з повторюваністю 17-22%). Середня відносна вологість в січні становить 81%, у липні - 42%. Річна кількість опадів становить 489 мм, з них 459 мм - рідкі і змішані, з максимальним добовим значенням 143 мм. Найвища кількість опадів спостерігається в червні. Відносна вологість повітря протягом року становить 75-76%.

Період, протягом якого не спостерігається морозів, триває в середньому 183 дні. Сонце світить близько 2287 годин на рік. Ці дані отримані на основі багаторічних спостережень метеостанцій у Одеса.

Територія дослідження належить до водороздільної рівнини з типовими вмістинами та балками. На поверхні плато зустрічаються плоскі, місцями заболочені, закриті западини, відомі як поди. Їх розміри коливаються від 1 до 5 км в діаметрі, форма їх різна. Їх рівень зниження порівняно з навколишньою територією становить 2-3 метри.

Поди відображають зони з підвищеною проникливістю відкладеного матеріалу в рельєфі, і їхнє формування, швидше за все, пов'язане не лише з осіданням лесових суглинків, але і з винесенням твердого матеріалу через підвищену проникливість відкладеного матеріалу. Поди служать зонами, де інфільтраційне живлення підземних вод є підвищеним.

2.2 Аналіз власних потреб об'єкту домогосподарства

Ціль планування роботи електрогосподарства полягає у встановленні річних та сезонних вимог до споживання електроенергії, а також оцінці витрат на її використання. При плануванні електроенергії вони розглядаються окремо для виробничих та невиробничих потреб.

Виробничі потреби включають витрати електроенергії на експлуатацію електродвигунів, електричних котлів та інших електроприладів і нагрівачів, які використовуються для технологічних цілей, таких як опалення, гаряче водопостачання і освітлення виробничих об'єктів (цехи, майстерні, склади, гаражі, ферми, птахоферми, тепличні приміщення і т.д.), а також для освітлення виробничих та невиробничих територій, включаючи приміщення управління підприємства.

Невиробничі потреби охоплюють використання електроенергії для комунально-побутових та інших невиробничих витрат сільськогосподарських споживачів, таких як: житлові будинки, гуртожитки, клуби, культурні центри, кінотеатри, стадіони, вулиці, дитячі садки, столові, магазини і т.д.[2]

Для наступних обчислень електричного обладнання частин вітроенергетичних та сонячних енергетичних систем з регулюванням

виробництва для приватного будинку, важливо знати власні потреби цього об'єкту.

За додатком А визначаємо споживання електроенергії домогосподарством протягом року, будуємо графік рис. 2.1. На даному графіку в літні місяці спостерігається менше споживання електричної енергії ніж взимку, що може свідчити на користь більш потужного вітряка, порівняно з фотоелектричними панелями.

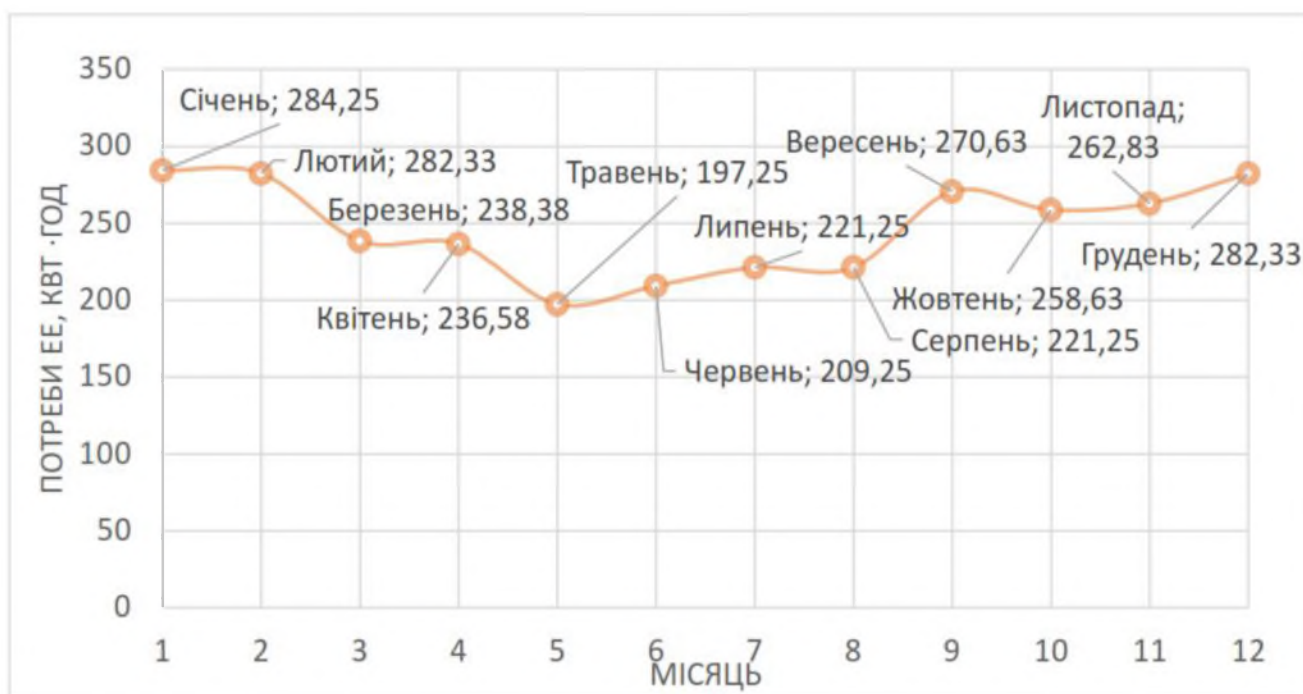


Рисунок 2.1 – Графік споживаної домогосподарством електроенергії по місяцям

Для визначення потенціалу вітроенергії необхідно провести аналіз середньомісячної та максимальної швидкостей вітру на рівні вітряка та на висоті опори. Інформація про середньомісячну швидкість вітру була зібрана з метеостанції №165 «Ізмаїл», розташованої в місті Ізмаїл. Висота вітряка становить 11 метрів. Зібрані дані представлені в таблиці 2.1.

Сумарна інтенсивність прямої та розсіяної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню представлена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Сумарне надходження прямої та розсіяної радіації на горизонтальну поверхню, Вт · год/м²

I _s горизонт											
475	768	1551	2523	2952	3838	4385	3781	2833	1895	712	350
I _d горизонт											
792	1104	1005	1848	2177	1988	1804	1637	1523	1232	921	663

Вибрана територія представляє собою сприятливі умови для впровадження об'єктів відновлюваної енергетики, зокрема вітроенергетики та сонячної енергетики, протягом усього року. Вивчення вітроенергетичного потенціалу ділянки показало, що середня швидкість вітру на висоті 11 метрів

Таблиця 2.1 – Середньомісячна швидкість вітру метеостанція №165 «Ізмаїл»

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
Середньомісячна швидкість, м/с	Ізмаїл №165												
	6,0	6,4	6,5	6,2	6,1	5,5	5,6	5,5	5,2	5,4	5,7	6,0	5,8

2.3 Сонячний потенціал ділянки

впродовж року становить 6 м/с, що є оптимальним для експлуатації вітрогенератора.

Щодо сонячної енергетики, Одеська область розташована в південній частині України, де умови для використання сонячної енергії є найбільш сприятливими. Висока інтенсивність сонячного випромінювання дозволяє ефективно використовувати корисну площу сонячних панелей, отримуючи максимально можливу потужність для сонячних енергетичних станцій, розташованих в Україні.

3 РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Визначення кількості сонячної радіації

Основним кліматичним параметром для розрахунку СЕС є інтенсивність сонячної радіації (СР). Розрахунки проводяться за годинними сумами прямої та розсіяної СР.

Інтенсивність СР, що надходить на поверхню сонячної панелі (СП) будь-якого просторового положення кожної години світлової доби $q_{nad,i}$

$$q_{nad,i} = P_A P_S I_S^{zop} + P_D I_D^{zop} + P_R (I_S^{zop} + I_D^{zop}) \alpha$$

де P_A – коефіцієнт, який враховує азимут розташування СП;

P_S – коефіцієнт положення СП для прямої СР;

I_S – інтенсивність прямої СР, що падає на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

I_D – інтенсивність розсіяної СР, що падає на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

β – кут нахилу СП до горизонту.

Об'єм сонячної радіації необхідний для визначення кута нахилу сонячних панелей у цій місцевості в різні періоди року. [3] Рівні сонячного випромінювання приведені в табл. 3.1.

P_S визначає відношення величин інтенсивності прямої СР, що падає на площину фотомодулів південного спрямування, нахилену під кутом β до горизонту, до інтенсивності прямої СР що надходить на горизонтальну поверхню:

$$P_S = I_S^{max} / I_S^{zop} = 2,44$$

Таблиця 3.1 – Помісячний прихід сонячної радіації для міста Одеса

Місяць	Пряма СР, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2 \cdot \text{добу}}$	Розсіяна СР, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2 \cdot \text{добу}}$	Сумарна $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2 \cdot \text{добу}}$	Альбедо, %
Січень	0,475	0,792	1,267	36
Лютий	0,768	1,104	1,872	34
Березень	1,551	1,005	2,556	22
Квітень	2,523	1,848	4,371	18
Травень	2,952	2,177	5,129	20
Червень	3,838	1,988	5,826	17
Липень	4,385	1,804	6,189	18
Серпень	3,781	1,637	5,418	19
Вересень	2,833	1,523	4,356	18
Жовтень	1,895	1,232	3,127	19
Листопад	0,712	0,921	1,633	18
Грудень	0,475	0,792	1,267	25

Визначені коефіцієнти положення зведені до табл. 3.2:

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти положення P_S сонячної панелі $\beta = 45^\circ$

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
2,44	1,77	1,28	1	0,84	0,77	0,79	0,92	1,15	1,58	2,26	2,72

$\beta = 45^\circ$ – значення оптимального кута нахилу сонячної панелі до горизонту, але він регулюється;

P_D – коефіцієнт положення панелі для розсіяної СР:

$$P_D = \cos^2 \beta / 2 = \cos^2(45^\circ) / 2 = 0.25$$

P_R – коефіцієнт положення панелі для відбитої СР:

$$P_R = \sin^2 \beta / 2 = \sin^2 45^\circ / 2 = 0.25$$

У таблиці 3.3 приведено альbedo α , % для кожного місяця для м. Одеса.

Таблиця 3.3 – Альbedo α , % для кожного місяця для м. Одеса

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
36	34	22	18	20	17	18	19	18	19	18	25

Приведена інтенсивність поглинутої СР

$$q_{\text{погл.і}} = P_A P_S I_S^{\text{zop}} + \left(P_D I_D^{\text{zop}} + P_R (I_S^{\text{zop}} + I_D^{\text{zop}}) \right) \alpha$$

Інтенсивність сонячної радіації, що падає на поверхню сонячної панелі для кожного місяця за день та за місяць представлені в табл. 3.4.

приведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків
поглинутої сонячної радіації
приведеної інтенсивності

$E_{\text{пад. м,}} \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$	$E_{\text{пад. д,}} \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$	
38,33	1277,44	Січень
44,24	1526,03	Лютий
67,23	2169,11	Березень
81,44	2714,47	Квітень
83,72	2700,17	Травень
96,71	3223,25	Червень
116,18	3747,96	Липень
114,33	3687,72	Серпень
104,87	3495,83	Вересень
97,92	3158,52	Жовтень
50,82	1693,73	Листопад
31,57	1018,84	Грудень

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків інтенсивності СР для кожного місяця за день та за місяць

$E_{\text{пад. м,}} \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$	$E_{\text{пад. д,}} \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$	
44,21	1473,23	Січень
52,16	1799,0	Лютий
79,54	2566,1	Березень
95,15	3172,11	Квітень
100,41	3239,22	Травень
111,46	3715,55	Червень
130,03	4194,21	Липень
126,88	4093,12	Серпень
116,18	3873,02	Вересень
107,36	3463,71	Жовтень
57,65	1921,45	Листопад
36,67	1183,18	Грудень

У результаті побудований суміщений графік надходження та поглинання сонячної радіації фотомодулями, зображений на рис. 3.1:

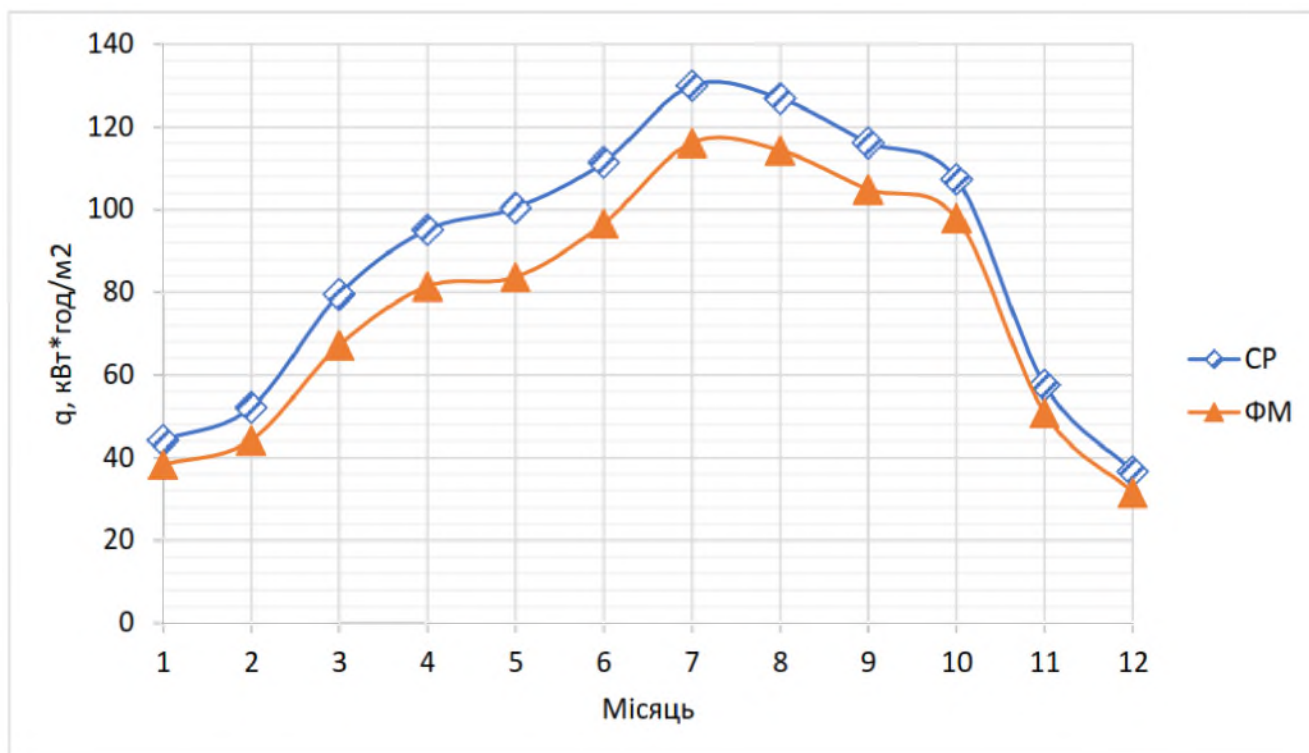


Рисунок 3.1 – Суміщений графік надходження сонячної радіації та поглинання її поверхнею фотоелектричного модуля

Отже, було виконано обчислення ключових параметрів для ефективної роботи сонячної станції з кутом установки $\beta=45$ градусів і застосуванням інтегрованої системи слідкування за реальним положенням сонця на півдні.

3.2. Розрахунок основних параметрів для встановлення фотомодулів

Процедура обчислення довжини тіні розпочинається з визначення положення Сонця на небосхилі під час зимового сонцестояння 21 грудня.(рис.

3.2) Це означає знаходження мінімальної висоти сонцестояння α , що представляє собою найнижчий кут, на який Сонце піднімається над горизонтом, коли воно обертається навколо Землі в умовах яскравого неба без затінення.[4]

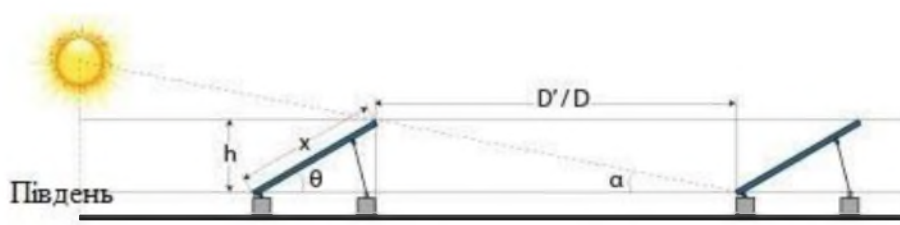


Рисунок 3.2 – Вплив висоти сонцестояння на кут нахилу панелей сонячних батарей (вид збоку)

Впродовж 4-годинного сонячного вікна необхідно встановити висоту сонцестояння о 10 год. ранку або о 2 год. дня 21 грудня, так як саме в цей день Сонце досягає своєї найнижчої точки на небосхилі. Впродовж 5-годинного вікна треба визначити висоту Сонця о 9:30 або 14:30. Після визначення висоти сонцестояння можна обчислити азимутальний кут Сонця ψ . У випадку коли положення Сонця зміщується від південної лінії (як показано на рисунку 3.3), треба розрахувати мінімально можливу відстань між рядами.

Після визначення висоти сонцестояння та азимутального кута Сонця, можна приступити до обчислення відстані між рядами сонячних панелей. Відстань між рядами має велике значення для більшості систем з наземними кріпленнями та систем з плоскими тримачами на даху, оскільки висота перешкоди може бути розрахована на основі розміру сонячної панелі та кута її нахилу.

Вона може бути визначена як різниця між висотою нижнього / переднього краю одного ряду і максимальною висотою наступного ряду, який розташований на півдні. Альтернативно, ця відстань може бути зміряна безпосередньо, без врахування конкретної перешкоди, яку планується обійти.

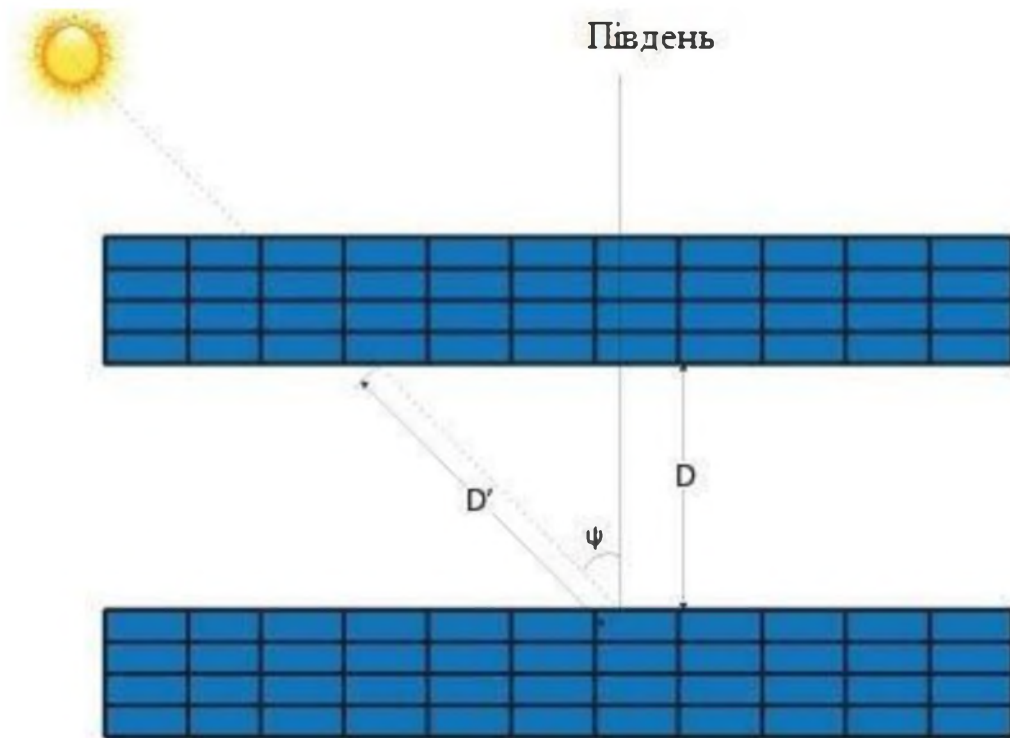


Рисунок 3.3 – Коригування азимутального кута Сонця у випадку відхиленні від лінії півдня (вид зверху)

Протяжність тіні:

$$D_m = \frac{h_{пер}}{\tan \alpha} = \frac{1.41}{\tan 23,5^\circ} = 3.24 \text{ м}$$

де α – висота сонцестояння;

$h_{пер}$ – висота перепони:

$$h_{пер} = X \cdot \sin \theta = 2 \cdot \sin 45^\circ = 1.41 \text{ м}$$

де θ – кут нахилу панелі,

X – довжина модуля в нахиленому положенні.

Таким чином, з допомогою лише одного розрахунку можна визначити мінімальну відстань між рядами, що потрібна для уникнення затінення протягом сонячного вікна.[5] Цей процес відомий як "азимутальна корекція Сонця". Використовуючи ранкове положення Сонця визначаємо:

$$D = D_m \cdot \cos(180 - \varphi) = 3.24 \cdot \cos(180 - 150) = 2.8 \text{ м}$$

де φ – азимутальний кут Сонця.

3.3. Розрахунок і вибір сонячних панелей, інверторів. Об'єм генерованої електроенергії сонячною станцією

Для оптимізації виробітку енергії та з огляду на економічність фотомодулів компанії KNEES PV наразі вважаються одними з найкращих на вітчизняному ринку з точки зору відношення ціна/якість. Після проведення порівняльного аналізу характеристик за параметрами коефіцієнта корисної дії та струму короткого замкнення, було вибрано фотомодулі KNEES PV модель SNRG-FR72-MONOPERC-5BB 385 Вт. Їх технічні характеристики представлені в таблиці 3.6.

В якості інверторного обладнання, на основі аналізу доступних на ринку варіантів за технічними характеристиками гібридних інверторів, потрібним струмом контролера MPPT для послідовного з'єднання фотоелектричних модулів, максимальної напруги від фотоелектричного перетворювача, регульованих струмів зарядки батарей у широкому діапазоні та економічності, було вибрано інвертор компанії FOX ESS Hybrid 12-0-E 12.0 кВт.

Для оцінки якості фотомодулів розроблені стандарти – STC та NOCT:

STC - це стандартні технічні умови, що вказують на номінальні характеристики фотоелектричного модуля при температурі фотоелектричного елемента 25°C і сонячній радіації 1000 Вт/м^2 .

NOCT - це робоча характеристика фотоелектричного модуля при температурі повітря 20°C , сонячній радіації 800 Вт/м^2 і швидкості вітру 1 м/с .

Таблиця 3.6 – Електричні характеристики фотоелектричного модуля SNRG-FR72-MONOPERC-5BB

Параметр	STC	NOCT
Максимальна потужність	385 Вт	283 Вт
Напруга холостого ходу	49.2 В	45.7 В
Струм короткого замикання	9.93 А	7.90 А
Оптимальна напруга	40.8 В	37.24 В
Оптимальний струм	9.47 А	7.60 А
ККД	19.9 %	
Робоча температура	$-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$	
Максимальна напруга системи	1000 В	
Температурний коефіцієнт напруги	$-0.31 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$	
Температурний коефіцієнт струм	$+0.02 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$	
Номінальна робоча температура елемента	$45 \pm 2^{\circ}\text{C}$	

В табл. 3.7 представлені характеристики обраних інверторів FOX ESS Hybrid 12-0-E 12.0 кВт.

Вибір кількості фотоелектричних модулів, з'єднаних послідовно, виконується за максимальною напругою фотоелектричного модуля при температурі елемента -30°C та радіації 1000 Вт/м^2 для даної території.

Таблиця 3.7 – Електричні характеристики інвертора FOX ESS Hybrid 12-0-E 12.0 кВт

Максимальна рекомендована вхідна потужність постійного струму	13200 Вт
Максимальне допустиме значення напруги від ФЕМ	1000В
Максимальний допустимий струм на вході постійного струму одного MPPT контролера	21,2 А на фазу
Максимальний допустимий струм короткого замикання від ФЕМ одного MPPT контролера	32А
Допустимий діапазон постійної напруги на вході	160-950 В
Кількість входів MPPT	2 шт.

Максимальна напруга фотоелектричного модуля визначається:

$$U_{xx\max} = U_{xx} \cdot (1 + (-30 - 25) \cdot K_u) = 40,5 \cdot (1 + (-30 - 25) \cdot 0.0031) = 57.6 \text{ В}$$

де U_{xx} – напруга холостого ходу фотомодуля;

K_u – температурний коефіцієнт.

Максимальна кількість послідовно з'єднаних модулів $N_{\text{фмс}}$:

$$N_{\phi.n} = \frac{U_{inv}}{U_{xx\max}} = \frac{1000}{57.6} \approx 17 \text{ шт}$$

де U_{inv} – максимальне допустиме значення вихідної напруги від фотомодуля до інвертора.

Приймаємо кількість послідовно з'єднаних модулів $N_{\phi.n}$, рівною 14 шт.

Розрахуємо максимальну напругу, яка буде на інверторі від фотомодулів:

$$U_{inv} = N_{\phi.n} \cdot U_{xx\max} = 14 \cdot 57.6 = 806 \text{ В}$$

$$U_{inv} < U_{inv\max}$$

Розрахунок найбільшої кількості модулів, які можуть бути паралельно з'єднані, виконується на основі максимального струму короткого замкнення фотоелектричного перетворювача при температурі елемента 80°C та радіації 800 Вт/м^2 для оптимального струму, а також для радіації 1500 Вт/м^2 , що є типовим для даної території.

Максимальний струм короткого замикання:

$$I_{kз\max} = I_{kз} \left(1 + (80 - 25) \cdot K_I \right) = 9,93 \cdot \left(1 + (80 - 25) \cdot 0.0002 \right) = 13.9 \text{ А}$$

де $I_{kз}$ – струм короткого замкнення фотомодуля,

K_I – температурний коефіцієнт.

Максимальна кількість паралельно з'єднаних модулів:

$$N_{\phi.пар} = \frac{I_{инв.макс}}{I_{к.з.макс}} = \frac{14}{13,9} = 1$$

Приймаємо максимальне число паралельно з'єднаних лінійок на один MPPT контролер 1 шт.

Максимальна генерація конфігурації за стандартом STC:

$$P_{STC\max} = P_{STC} \cdot N_{\phi.посл} \cdot N_{пар} \cdot m = 385 \cdot 14 \cdot 1 \cdot 2 = 10780 \text{ Вт}$$

де P_{STC} – потужність панелі по стандарту STC,

n – кількість MPPT портів інвертора.

Отримане значення не перевищує знаходиться в допустимих межах відповідно до технічного паспорту інвертору. Проте, варто зазначити, що цей розрахунок було здійснено на основі стандартних тестових умов (STC), які реально існують на даній широті лише протягом однієї години в період від травня до серпня, за умови, що температура фотоелектричного елемента буде становити рівно 25°C. Це майже неможливо, оскільки під час роботи фотоелектричні елементи нагріваються до 45°C. У більшості випадків фотоелектричні модулі будуть працювати в умовах, відповідних до NOCT.[6]

$$P_{NOCT\max} = P_{NOCT} \cdot N_{\phi.посл} \cdot N_{пар} \cdot n = 283 \cdot 14 \cdot 1 \cdot 2 = 7924 \text{ Вт}$$

де P_{NOCT} потужність панелі по стандарту NOCT.

3.4. Розрахунок виробленої електроенергії станцією

Для обчислення виробництва енергії фотовольтаїчної станції ми скористаємося даними, отриманими в підрозділі 3.1, щодо абсорбованої сонячної радіації при обраному куті встановлення:

Розрахуємо виробіток фотоелектричної станції для січня:

$$E_{\text{січ}} = q_{\text{погл.січ}} \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot S_n N_n = 38,3 \cdot 0,199 \cdot 0,98 \cdot 1,77 \cdot 28 = 370,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де $q_{\text{погл.січень}}$ – кількість поглинутої енергії фотомодулем на січень місяць на 1 м² площі СП

$\eta_{\text{СП}}$ – паспортний ККД перетворення фотоелектричної енергії фотомодуля

$\eta_{\text{інв}}$ – паспортний ККД перетворення електричної енергії інвертора

$S_n = 1,77 \text{ м}^2$ – ефективна площа фотоелектричної поверхні СП

$N_n = 28$ – кількість панелей.

Аналогічно виконаємо розрахунки для інших місяців.

Річне виробництво фотоелектричної станції

$$E_{\text{рік}} = \sum_{i=1}^{12} E_i = 8961,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Результати розрахунків зведені в табл. 3.8

Таблиця 3.8 – Об'єм генерації СЕС

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Зі рік
Е, кВт·год	370,2	427,2	649,5	786,7	809,1	935,0	1122,9	1105,0	1013,1	946,2	491,2	305,1	8961,3

Розрахунки представлені у виді графіку на рис 3.4.

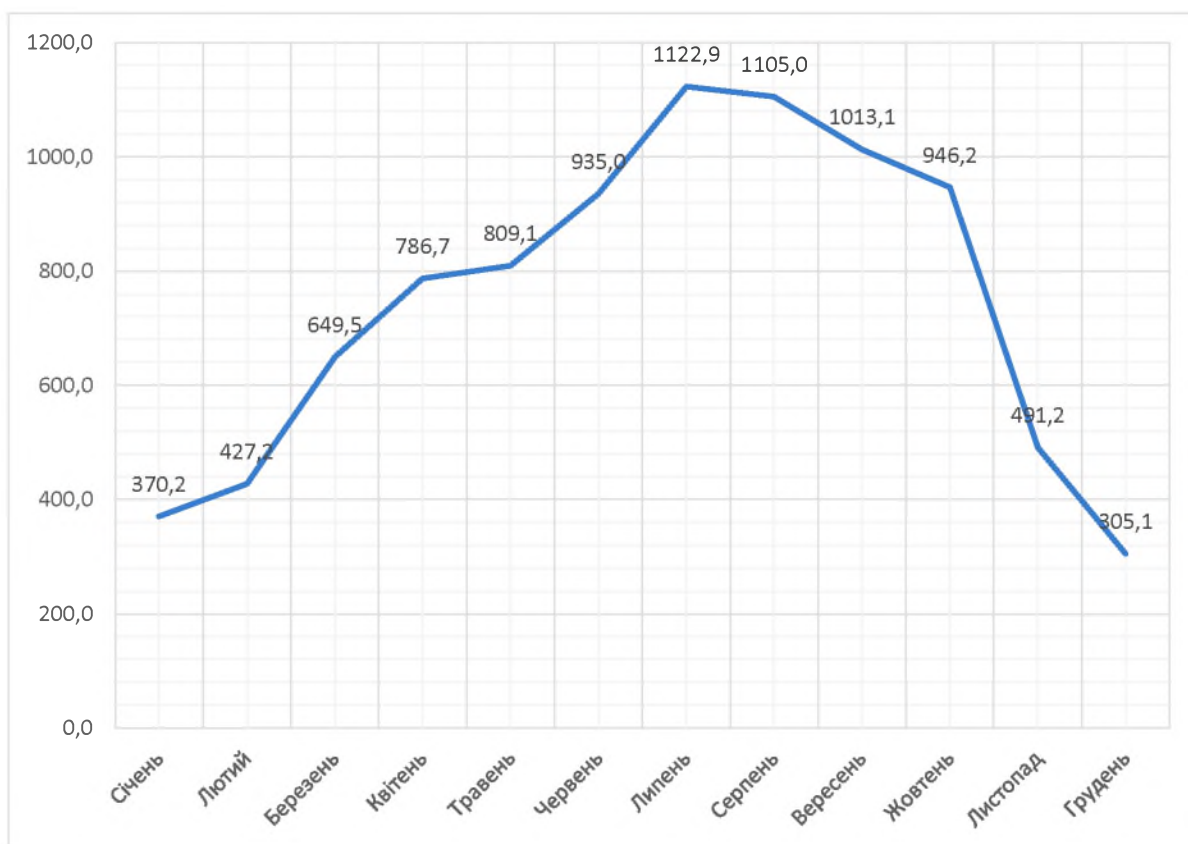


Рисунок 3.4 – Діаграма генерації СЕС по місяцям

3.5. Розрахунок та вибір кабелів

Послідовне з'єднання 14 панелей в одну буде виконане за допомогою підключенням використовується кабель LEONI BETAFLAM SOLAR 125 RV FLEX 1500V DC 1 X 6MM2 (табл. 3.9).

Характеристики кабелю повністю задовольняють наші потреби, напруга постійного струму у системи не перевищує 1000В.

З'єднання сонячних кабелів виконується за допомогою конекторів «male-female» марки MC4. Прокладання кабелю здійснюється на опорних рамах для кріплення панелей.

Таблиця 3.9 – Характеристики кабелю LEONI BETAFLAM SOLAR 125
RV FLEX 1500V DC 1 X 6MM2

Характеристики	Значення
Тип	Фотоелектричний силовий кабель
Номінальна постійна напруга, В	1500
Категорія	PV кабеля
Випробувальна напруга, кВ	6,5 (50 Гц)
Температурний діапазон, °С	від -40 до +125
Перетин, мм ²	4

4 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ВЕУ

4.1 Визначення швидкості вітроустановки

При проектуванні вітроенергетичних установок необхідно врахувати два ключові аспекти: максимізацію виробництва енергії (для вітряних турбін, що підключаються до загальної мережі), та забезпечення роботи виробничих механізмів протягом певного числа годин (для автономних вітряних установок). Залежно від того, який з цих факторів враховується, вибирається економічно обгрунтована номінальна швидкість вітру (або розрахункова швидкість), при якій вітроенергетична установка розгортає свою номінальну потужність (v_n), та починає регулювання її потужності. У першому випадку співвідношення v_n до середньорічної швидкості вітру зазвичай знаходиться в межах від 1,5 до 2. У другому випадку це співвідношення не повинно перевищувати 1,25. Іншим важливим параметром є вертикальний профіль вітру, який характеризує зміну швидкості вітру з висотою. Для узгодження отриманих значень спостереження з висотою розташування осі ротора, використовують формулу, запропоновану Д. Т. Лайхтманом.[7]

За довідником отримані середні швидкості вітру на місяць та на рік для найближчого метеорологічного пункту від розташування об'єкту(табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Середні швидкості вітру на місяць та на рік для метеопункту №165 Ізмаїл

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Рік
Середньомісячна швидкість, м/с	Ізмаїл №165												
	6,0	6,4	6,5	6,2	6,1	5,5	5,6	5,5	5,2	5,4	5,7	6,0	5,8

Номінальна швидкість вітрогенератора

$$v_n = 1,5 \cdot v_{cep} = 5,8 \cdot 1,5 = 8,7 \text{ м / с}$$

4.2 Вибір вітрогенератора та перетворюючого обладнання

На сьогоднішній день вітрогенератори від Flamingo Aero відносяться до найвищих стандартів якості та доступності серед усіх виробників в Україні. Після детального аналізу та порівняння різних моделей на українському ринку, особливо з огляду на максимальну потужність та стартову швидкість, було обрано модель вітрогенератора з горизонтальним трьохлопатеvim дизайном, а саме FLAMINGO AERO FA-9.0 з потужністю 8 кВт. Характеристики цієї моделі представлені в таблиці 4.2.

Додатково, для конвертації згенерованої енергії в комплекті з вітрогенератором надається інвертор потужністю 10 кВт.

Таблиця 4.2 – Характеристики вітрогенератора FLAMINGO AERO FA-9.0

Характеристика	Значення
Номінальна потужність	8 кВт
Середній виробіток електроенергії	14400 – 28800 кВт / рік
Діаметр ротора	9 м
Вихідна напруга	96 В
Кількість лопатей	3
Висота опори	26 м
Стартова швидкість вітру	2,5 м/с
Розрахункова швидкість вітру	8 м/с
Максимальна швидкість вітру	50 м/с
Номінальна частота обертання	100 об/хв

4.3 Розрахунок виробітки електроенергії вітроустановки

Для розрахунку загального виробітку електроенергії ВЕС за рік необхідно врахувати ймовірність появи певного значення швидкості вітру протягом року у найближчому метеопості до об'єкту – це метеопост №165 «Ізмаїл». Ці дані представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані про повторюваність вітру у відсотках для метеопосту №165 «Ізмаїл»

Місяць	Швидкість									
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20
Січень	8	16,1	25,3	19,6	14	7,7	5,2	2,8	1,1	0,2
Лютий	6,7	16,2	22,7	19,7	15,3	7,2	6	3,2	2,4	0,6
Березень	7,5	16,1	23,4	18,7	13,8	6,9	6,7	3,5	2,4	1
Квітень	6,4	16,9	27,5	20,2	12,9	6,9	5,1	2,2	1,5	0,4
Травень	6,4	17,5	26,4	23,3	13,3	5,9	3,5	2,1	1,2	0,4
Червень	7,7	17,2	29,8	21,8	12,7	5,7	3,2	1,1	0,6	0,2
Липень	7,1	18,3	31	22,9	12,4	5	2,1	0,8	0,4	
Серпень	7,7	20,2	31,1	20,1	11,7	4,4	2,7	1,6	0,4	0,1
Вересень	9,3	22,3	30,7	20	9,7	4,4	2,4	1	0,2	0,04
Жовтень	9,1	20,4	26,1	19,4	12,7	5,9	3,8	1,6	0,6	0,4
Листопад	8,1	18,9	27,7	20,2	11,8	5,3	4,6	1,6	1,4	0,4
Грудень	7,5	15,7	23,6	21,6	13,9	8,3	6,6	1,8	0,7	0,3
Рік	7,6	18	27,2	20,7	12,9	6,2	4,4	1,6	1,1	0,3

Для розрахунку виробітку ВЕС потрібно визначити швидкість вітру на висоті щогли в залежності від швидкості вітру на висоті флюгера.

Перерахунок швидкості вітру за висотою флюгера виконується за наступною формулою:

$$v = v_{\phi} \cdot \frac{\lg\left(\frac{h}{k}\right)}{\lg\left(\frac{h_{\phi}}{k}\right)} = 0,5 \cdot \frac{\lg\left(\frac{26}{0,14}\right)}{\lg\left(\frac{11}{0,14}\right)} = 0,6 \text{ (м / с)}$$

де h – висота щогли вітроколеса,

k – коефіцієнт шорсткості поверхні;

h_{ϕ} – висота флюгера на метеопосту, м.;

v_{ϕ} – швидкість вітру на висоті флюгера, м/с

Зробивши перерахунок для висоти опори 26 метрів, ми отримуємо швидкості вітру:

0,5	2,5	4,5	6,5	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5	19	22,5	26,5
0,6	3,0	5,4	7,8	10,2	12,6	15,0	17,4	19,8	22,7	26,9	31,7

Потужність, що генерується вітроколесом

$$P_i = \frac{1}{2} \cdot k_e \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot v^3$$

де k_e – коефіцієнт ефективності вітроколеса (0,35-0,45),

ρ – щільність повітря (1,225 кг/м³);

v – швидкість вітра на висоті вітроколеса.

Об'єм виробленої електроенергії вітряком за місяць

$$E_i = P_i \cdot t_{\dot{u}m}$$

де $t_{\dot{u}m}$ – час коли очікується відповідна швидкість вітру:

$$t_{\dot{u}m} = \frac{730 \cdot k}{100}$$

де k – ймовірність швидкості вітру, %.

Для швидкості вітру 4-5 м/с

$$t_{\dot{u}m} = \frac{730 \cdot 25.3}{100} = 184.7 \text{ год}$$

Приблизна потужність та електроенергія, що виробляється вітрогенератором за січень при швидкості вітру 4-5 м/с

$$P = \frac{1}{2} \cdot 0.38 \cdot 1.225 \cdot \frac{3.14 \cdot 9^2}{4} \cdot 5.4^3 = 2330 \text{ Вт}$$

$$E = 2330 \cdot 184,7 = 430 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Враховуючи робочий діапазон швидкостей (від 3 до 50 м/с), а також те, що при швидкостях вище номінальної (> 8м/с) генерація електроенергії виходить на своє плато, тому, виробіток ВЕС за січень складає:

$$E_{\text{сум.січень}} = \sum_{i=3}^{50} E_{BEV.i} = 3139,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Результати розрахунків генерації електроенергії ВЕУ за січень приведені в таблиці 4.4. На основі розрахованих даних будемо графік 4.1.

Таблиця 4.4 – Генерація ВЕС за січень

Діапазон швидкостей	Швидкість вітру на висоті флюгера	Швидкість вітру на висоті щогли	Ймовірність даної швидкості, %	Тривалість даного вітру, год	Генерація електроенергії ВЕС за місяць, кВт·год
0-1	0,5	0,60	8	58,4	0,2
2-3	2,5	2,99	16,1	117,5	46,6
4-5	4,5	5,39	25,3	184,7	427,3
6-7	6,5	7,78	19,6	143,1	997,6
8-9	8,5	10,18	14	102,2	774,4
10-11	10,5	12,57	7,7	56,2	425,9
12-13	12,5	14,96	5,2	38,0	287,6
14-15	14,5	17,36	2,8	20,4	154,9
16-17	16,5	19,75	1,1	8,0	60,8
18-20	19	22,75	0,2	1,5	11,1
21-24	22,5	26,94	0	0,0	0,0
25-28	26,5	31,72	0	0,0	0,0
Сума:			100	730	3139,6

Виконані аналогічні розрахунки для кожного місяця. На базі розрахунків підрахуємо річний виробіток ВЕС

$$E_{BEU.pik} = \sum_{i=1}^{12} E_{BEU.mic.i} = 35788,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Просумуємо дані про вироблену електроенергію фотоелектричними панелями з даними вітряка, побудуємо графік на рис. 4.2.

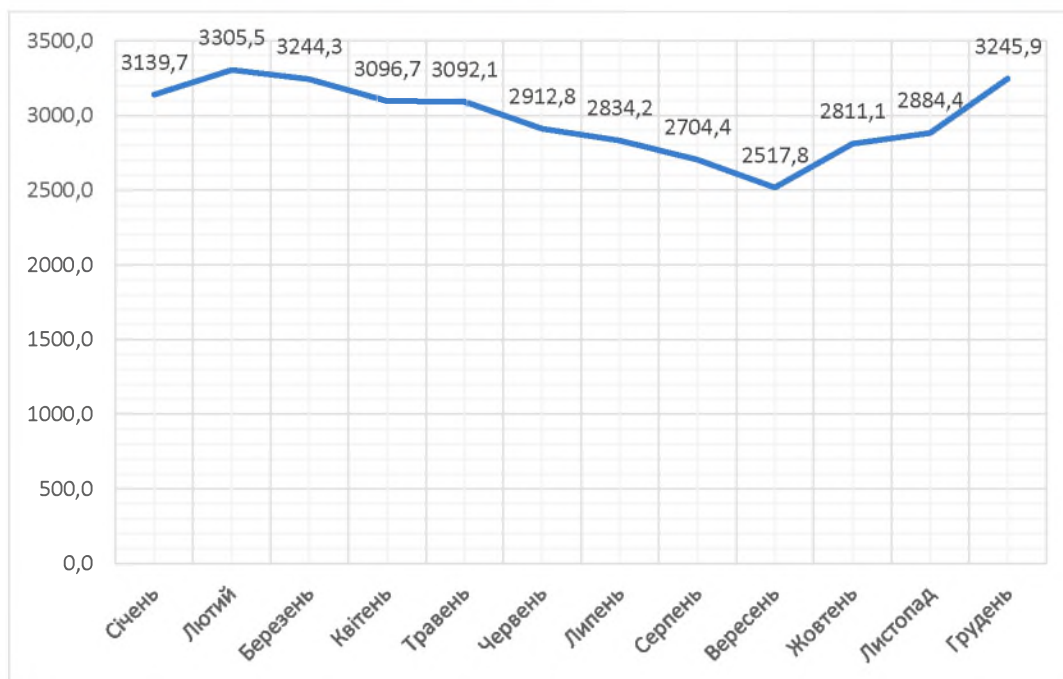


Рисунок 4.1 – Графік генерації електроенергії ВЕС впродовж року

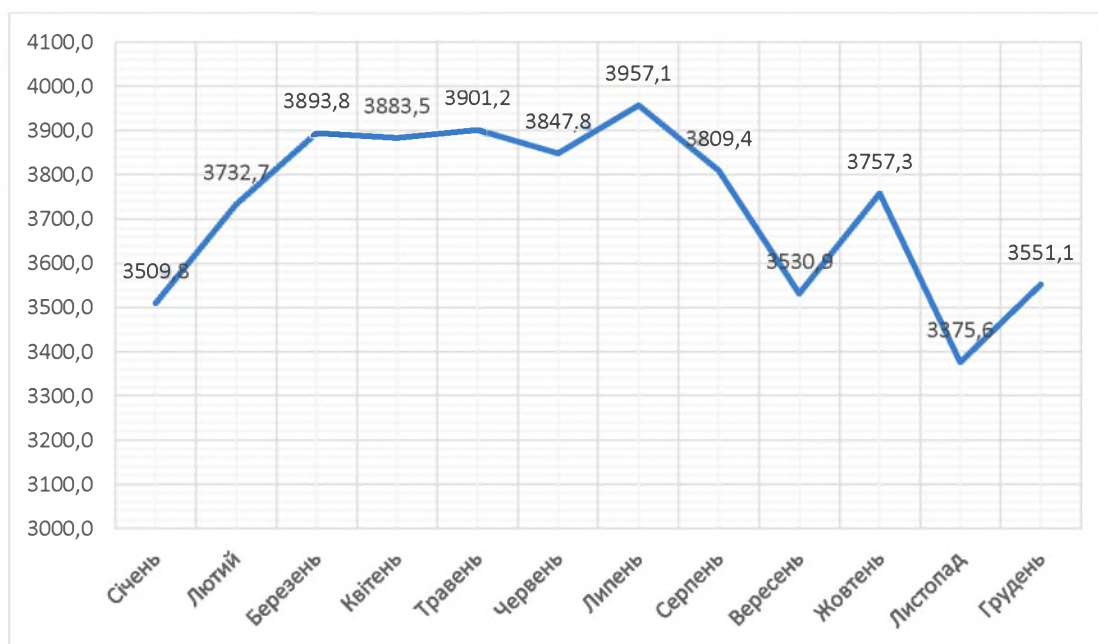


Рисунок 4.2 – Графік сумарної місячної потужності генерації фотоелектричних панелей та вітроустановки

4.4 Розрахунок кабельних з'єднань

Для з'єднання вітрогенератора з інвертором необхідно вибрати відповідний кабель, який забезпечуватиме надійну передачу електричної енергії. У цьому випадку, було вирішено використати кабель Кабель ВВГнг 3х4. Цей кабель повністю відповідає нашим вимогам, оскільки напруга змінного струму в системі не перевищує 1000В. Кабель має оптимальний переріз у 4 мм².

Розрахуємо підключення інверторів до зовнішньої електричної мережі

$$I_{инв.м} = \frac{P_{БЕУ}}{\sqrt{3} \cdot 380} = \frac{8000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 12,1 \text{ А}$$

В табл. 4.5 зображено стандарти вибору перерізу кабелю

Таблиця 4.5 – Перетини мідних кабелів для напруги 380 В

Перетин струмоведучих жил, мм ²	Мідні жили проводів та кабелів	
	Напруга 380В	
	Струм, А	Потужність, кВт
1.5	16	10.5
2.5	25	16.5
4	30	19.8
6	40	26.4
10	50	33

Враховуючи струм, який ми маємо в нашій системі, і використання трьохфазної системи 380В, вимагається переріз струмоведучих жил на рівні 6 мм².

Для підключення інвертора та щитів збору потужності ми використовуємо силовий кабель з мідними жилами, які мають ізоляцію з

пероксидно витриманого поліетилену. Кабель містить міжфазне заповнення з крейдою та невулканізованою гумовою сумішшю. Екранування здійснено шляхом екструзії з електропровідного пероксидно витриманого поліетилену.

Ми використовуємо кабель марки ВВГнг 3х4 4 мм², обравши його на основі розрахунків тривало допустимого струму та втрати напруги (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Характеристики кабеля ВВГнг 3х4

Характеристики	Значення
Тип	Силовий
Номінальна напруга, В	1000
Температура експлуатації °С	від -50 °С до +50
Температура при короткому замиканні °С	160 (4 с)
Діаметр, мм	12,1
Кількість жил, кількість/мм	5х10

4.5 Вибір накопичувачів енергії

Стандартні гібридні сонячні інвертори є основним елементом для будь-якої простої та економічно ефективної домашньої системи зберігання енергії. Гібридні інвертори представляють собою сонячні інвертори, до складу яких входять вбудовані інвертор та зарядний пристрій. Такі сучасні пристрої використовують лічильники енергії та програмне забезпечення, яке можна налаштувати таким чином, щоб забезпечити найбільш ефективне використання доступної енергії.

Втім, більшість гібридних сонячних інверторів мають обмеження щодо потужності батареї та невелику вихідну потужність перенапруги в порівнянні з спеціалізованими інверторами для використання поза мережею або в режимі множинного використання. Крім того, більшість гібридних інверторів не мають додаткової потужності для передачі, що вимагає розділення основних та вторинних навантажень. Гібридні інвертори "все в одному" становлять досить доступний варіант для домогосподарств середнього розміру, які прагнуть до більшої незалежності за допомогою використання сонячних панелей та акумуляторів, але не планують повного відключення від мережі або рідко зазнають проблем з відключенням електроенергії.

На рисунку 4.3 представлена схема підключення елементів системи для забезпечення обміну енергією.

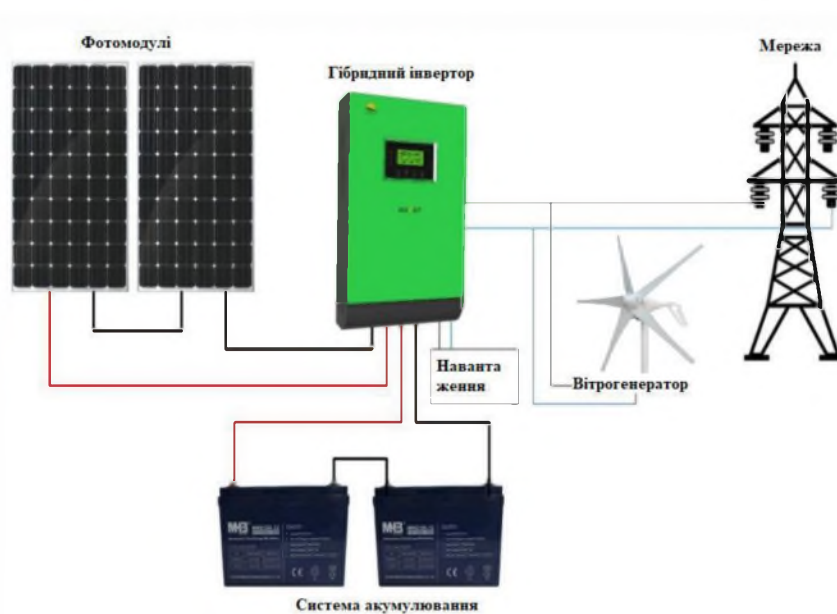


Рисунок 4.3 – Схема передачі потужності для зберігання електроенергії

На основі даних про об'єм виробленої електроенергії знайдемо потужність, яку резервуємо в акумуляторних елементах:

$$W_{рез} = 0.2 \cdot \frac{W_{mic.min}}{30} = 0.2 \cdot \frac{3375}{30} = 22,5 \text{ кВт}$$

Обираємо акумулятор Fox ESS ECS 4100CM ємністю 4 кВт·год. Його характеристики наведені в табл. 4.7.

Кількість акумуляторів необхідна для забезпечення рівня резервації:

$$N_{акб} = \frac{W_{рез}}{E_{акб}} = \frac{22.5}{4} \approx 6$$

Таблиця 4.7 – Характеристики акумулятора Fox ESS ECS 4100CM

Тип акумулятора	Літій-залізофосфатний (LiFePO4)
Номінальна ємність	4 кВт·год
Номінальна напруга	48 В
Робоча напруга	43,2 - 56,4 В
Кількість циклів заряду/розряду:	6000
Робоча температура, °C:	-21 до +55
ККД	95%

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ВІТРОВОЇ УСТАНОВКИ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ

5.1 Моделювання сонячних панелей

Для дослідження фотоелектричних модулів шляхом комп'ютерного моделювання зручним середовищем може бути Simulink Matlab[8].

У бібліотеці стандартних блоків сонячна панель представлена як PV Array. Вікно параметрів даного блока приведено на рисунку 5.1. За електричними характеристиками фотоелектричного модуля заповнюються відповідні поля у вікні Block Parameters. Для дослідження роботи панелі та зняття вольт-амперних і вольт-ватних характеристик можна зібрати схему рис. 5.2. На вхід масиву подаються сигнали сонячної радіації та температури фотоелектричних комірок. Шляхом зміни напруги на виході масиву сонячних панелей отримуємо струм системи. Зняті дані використовуємо для побудови характеристик: вольт-амперної та вольт-ватної відповідно (рис.5.3).

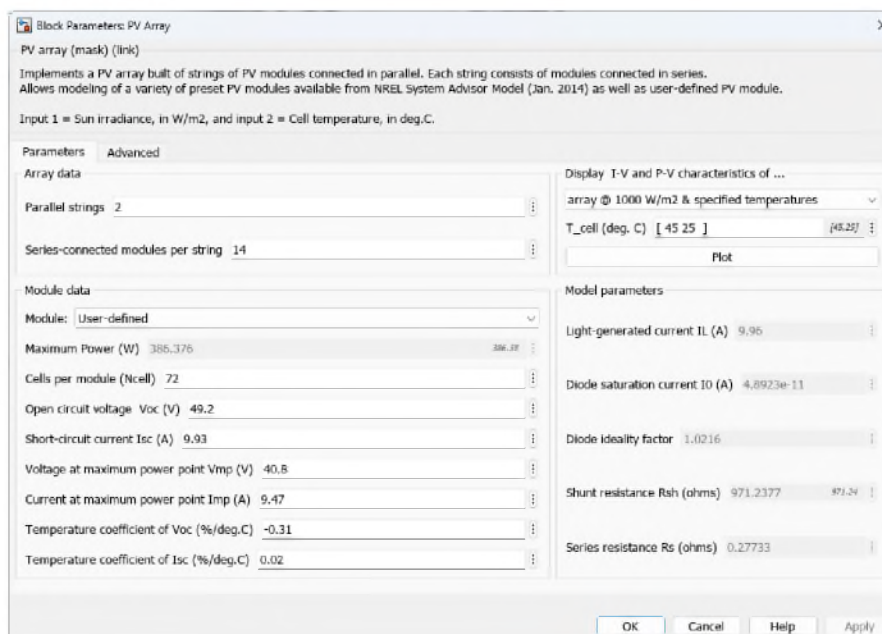


Рисунок 5.1 – Вікно параметрів блоку PV Array

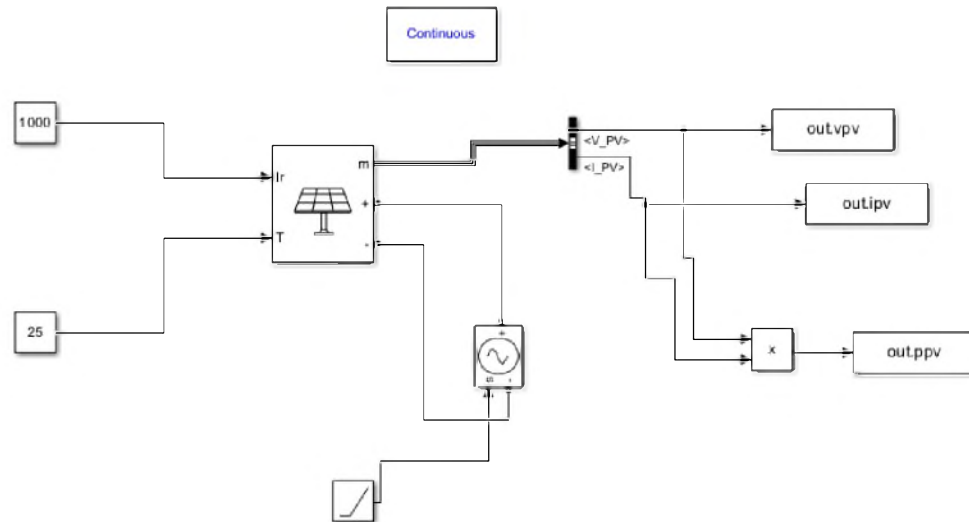


Рисунок 5.2 – Досліджувана схема

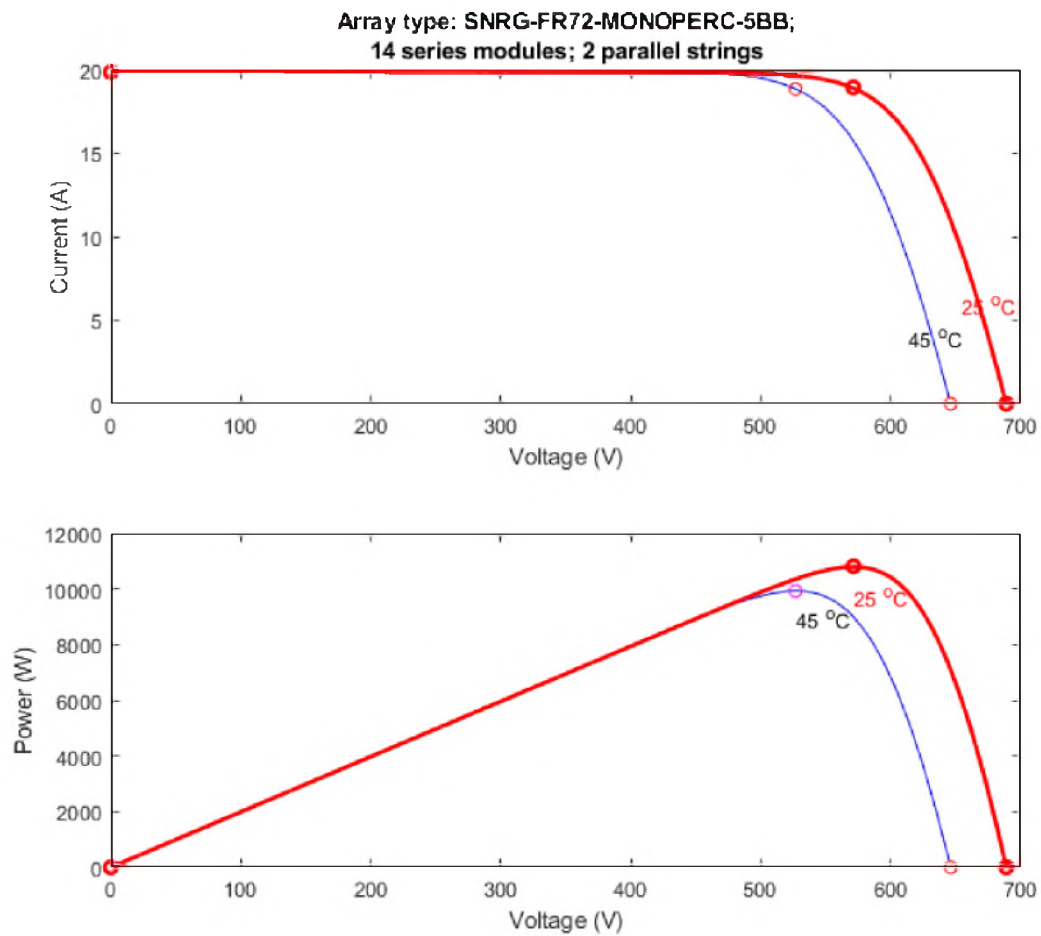


Рисунок 5.3 – Вольт-амперні та вольт-ватні характеристики зібраних модулів

Зі зростанням температури комірок знижується потужність на виході фотоелектричного масиву. Це обумовлено тим, що зростає внутрішній опір напівпровідникових елементів. Відповідно, навіть при значеннях сонячної радіації, що перевищують номінальні отримана енергія на виході панелей, зазвичай, не буде максимальною. Хоча варто зауважити, що взимку за низьких температур і високих показників опромінення, може виникнути ситуації з перевиробленням енергії.

5.2 Моделювання вітрогенератора

Аналогічно, як і для сонячної панелі, для вітрогенератора в Simulink передбачений блок Wind Turbine. Блок параметрів для нього має вигляд як на рисунку 5.4. Тут основними параметрами є: номінальна потужність, базова швидкість вітру і т.д.

Для дослідження вітроустановки доцільно зібрати схему, як на рисунку 5.4. Тоді на вхід блоку Wind Turbine ми подаємо швидкість генератора у відносних одиницях, кут атаки у градусах та швидкість вітру у метрах на секунду. У результаті на виході маємо механічний момент, що розвиває вітрогенератор у відносних одиницях. На рисунку 5.5 можна побачити як змінюється момент на валу. Фактично генератор починає виробляти енергію, коли графік моменту переходить через нуль осі абсцис, це відбувається близько стартової швидкості – 3м/с. Від’ємне значення моменту говорить про те, що електрична машина працює в генераторному режимі. Залежність вихідної потужності від швидкості вітру приведена на графіку рисунка 5.6.

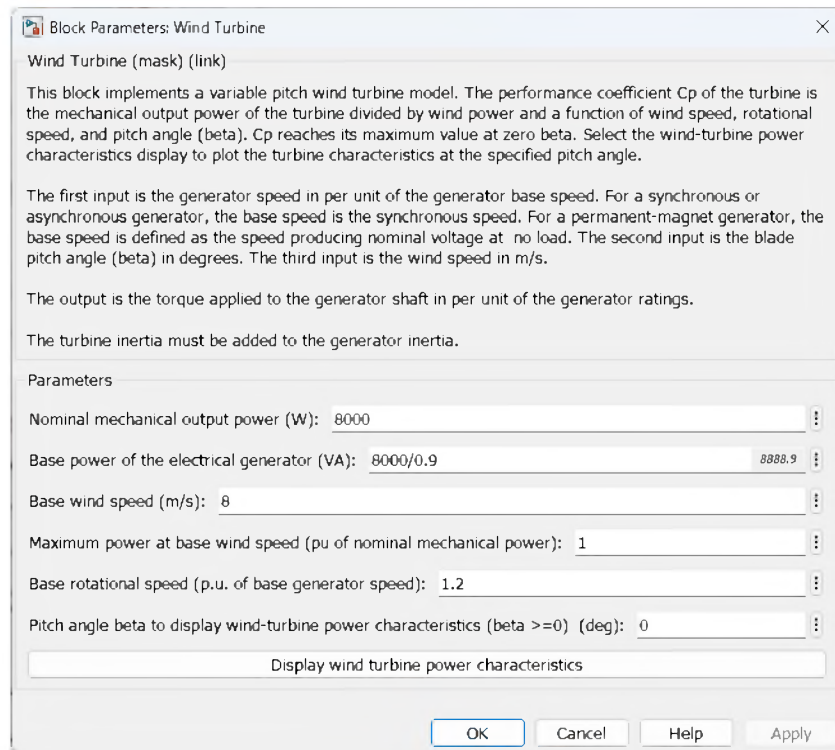


Рисунок 5.4 – Вікно параметрів блоку Wind Turbine

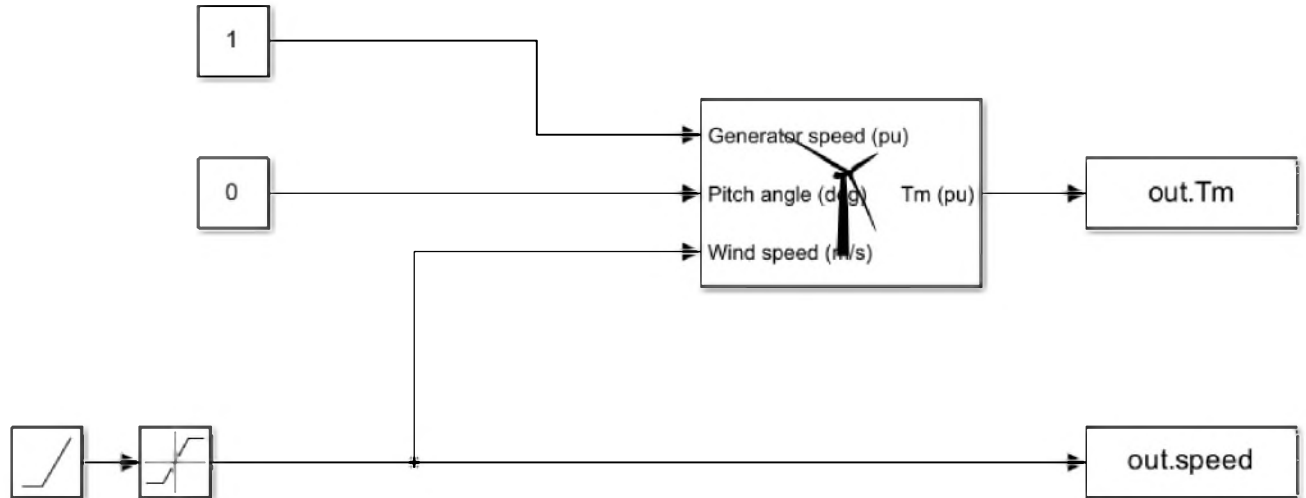


Рисунок 5.5 – Схема дослідження вітроустановки

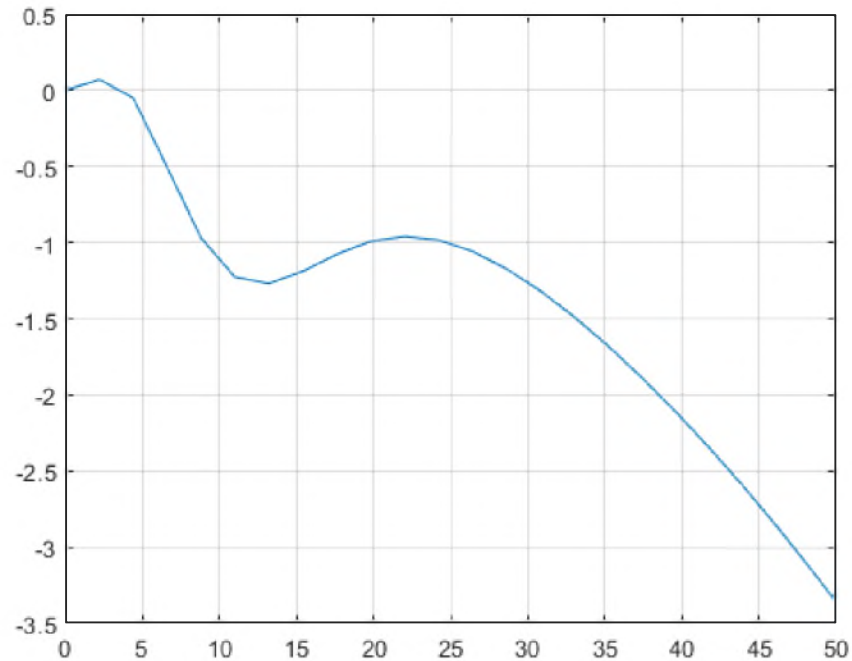


Рисунок 5.6 – Графік залежності моменту від швидкості вітру

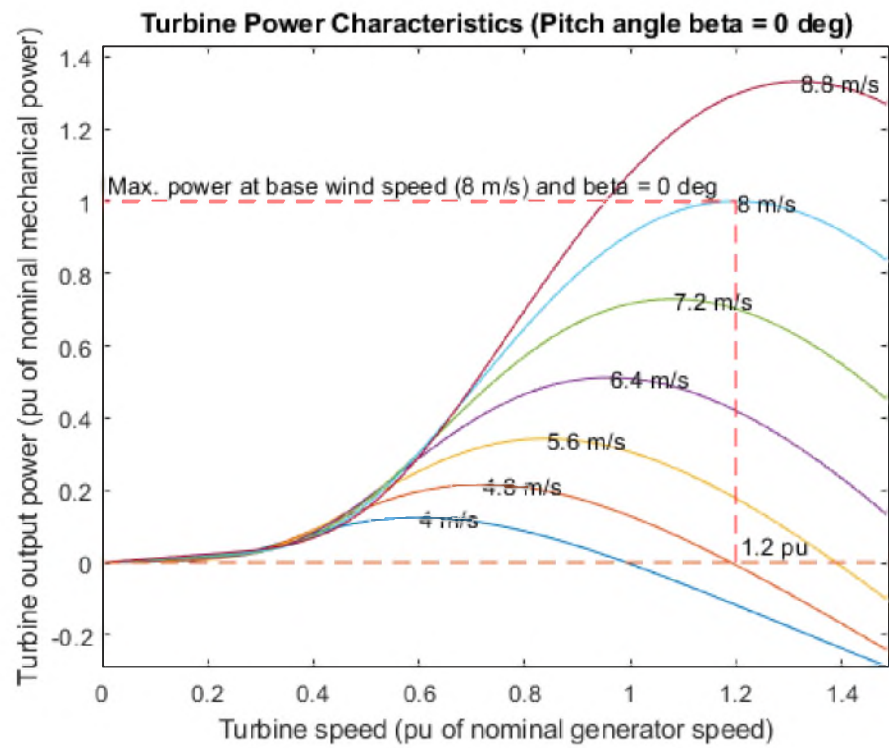


Рисунок 5.7 – Графіки залежності генерованої потужності

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вивчені питання технологій виготовлення фотоелектричних панелей, розглянуті подібності та розбіжності типів фотовольтаїчних станцій. Представлена класифікація вітрогенераторів, досліджені принципи та засоби зберігання електричної енергії.

За вихідними даними об'єкта обрана місцевість з підходящими кліматичними та метеорологічними умовами. Проаналізовані власні потреби домогосподарства.

Із довідника для міста Одеса визначені дані про рівні сонячної радіації. Обрані сонячні панелі SNRG-FR72-MONOPERC-5BB 385 Вт та FOX ESS Hybrid 12-0-E 12.0 кВт. Проведений розрахунок основних параметрів для встановлення фотоелектричних панелей, розраховані об'єми виробленої електроенергії.

Для забезпечення роботи виробничих механізмів вибрана економічно обґрунтована номінальна швидкість вітру, при якій вітроенергетична установка розгортає свою номінальну потужність. Обрано вітряк Flamingo Aero FA-9.0 номінальною потужністю 8 кВт з діаметром колеса 9 м та інвертором на 10 кВт. За даними про повторюваність вітру у даній місцевості розрахований виробіток електроенергії вітроустановки.

Розраховані та обрані LiFePo₄ накопичувачі енергії Fox ESS ECS 4100CM в кількості 6 штук.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / – Підручник. – Київ: Національний технічний університет України («КПІ»), 2012. – 495 с.
2. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. К., Наукова думка, 1999. – 314 с.
3. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під заг. ред. Шидловського А.К. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 559 с.
4. Кудря С.О. Системи акумулювання і перетворення енергії відновлюваних джерел // Докт. дис., Київ, 1996. – 548 с.
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Відомості Міністерства палива та енергетики України, Інформ.-аналіт. бюлетень МПЕ. Спецвипуск.- К.: 2006.-114 с.
6. Альтернативні джерела енергії України: навч. посіб. / І.О.Ковальов, О.В. Ратушний. - Суми: Вид-во СумДУ, 2015. – 201 с.
7. Півняк Г. Г. Рациональное использование энергии: Навч. пос. Дніпропетровськ, 2002. - 193 с
8. MATLAB User Guide. – The MathWorks, Inc., 2014.

Порядковий номер місяця	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разом (1 день місяця), кВт*год	9,475	9,411	7,946	7,886	6,575	6,975	7,375	7,375	9,021	8,621	8,761	9,411
Разом (весь місяць), кВт*год	284,25	282,33	238,38	236,58	197,25	209,25	221,25	221,25	270,63	258,63	262,83	282,33
Разом за весь рік, кВт*год	2964,96											

ДОДАТОК Б. ПИТАННЯ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ З ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАМИ

Правила техніки безпеки при експлуатації вітроенергетичної установки

Експлуатація ВЕУ повинна бути організована таким чином, щоб забезпечити її енергетично, технічно і економічно ефективну експлуатацію. Гарантія якості експлуатації ВЕУ є невід'ємною частиною і результатом сукупності забезпечення якості проектування, конструювання, виробництва, постачання, управління, експлуатації та обслуговування ВЕУ і всіх її складових частин.

Гарантія якості є невід'ємною частиною і результатом сукупності забезпечення якості проектування, конструювання, виробництва, управління, експлуатації та обслуговування ВЕУ і всіх її складових частин.

Знання обов'язкового стандарту обов'язково для персоналу, який бере участь в розробці, погодженні та затвердженні місцевих інструкцій по експлуатації.

Знання місцевих інструкцій, складених на підставі цього стандарту, обов'язково для споживача.

При експлуатації ВЕУ повинен бути забезпечений безпечний, надійний і економічний режим роботи обладнання ВЕУ відповідно до інструкцій по експлуатації обладнання, безперебійна робота обладнання в допустимих режимах, надійне дію пристроїв контролю, захисту і автоматики.

Споживач, який здійснює управління ВЕУ повинен розташовуватися на рівні землі.

Допускається розміщувати пульт управління ВЕС в приміщенні придатному для умов експлуатації вітрогенератора за умови організації швидкого доступу для ремонту ВЕУ.

Профілактичні випробування ВЕУ повинні бути організовані відповідно до інструкцій експлуатації електрообладнання.

Поточний ремонт обладнання ВЕУ а також перевірка його дій виробляти в міру необхідності в залежності від їх призначення і технічного стану.

Вітроенергетична установка - складний технічний пристрій, що поєднує в собі аеродинамічну і електротехнічну частини. Найменше недотримання збірки ВЕУ або її експлуатації може призвести до її поломки і заподіяння як матеріального збитку так і шкоду здоров'ю, а також знаходяться поруч людей.

Необхідно повністю ізолювати підключаються дроти та кабелі.

При перших запусках ВЕУ необхідно спостереження за роботою ВЕУ протягом 2-3 годин і уважно поставитися до можливих вібрацій, стукам, бавовни, що свідчить про неправильну роботу ВЕУ і негайно зупинити її роботу.

Забороняється проводити перший пуск ВЕУ при швидкості вітру більше 5м/с (відповідає середньому вітрі).

Забороняється вносити конструктивні і регульовальні зміни в конструкцію ВЕУ. Забороняється подавати будь-яку напругу на електрогенератор для його запуску. Забороняється підключати будь-які виходи електрогенератора і блоку ОЕЗА до мережі електрики або будь-якого іншого джерела електроенергії.

Необхідно прийняти комплекс заходів щодо захисту ВЕУ від попадання блискавки.

4.2 Охорона праці і техніка безпеки при експлуатації СЕС

Навчання техніці безпеки організовує для всіх робітників, що пройшли ввідний інструктаж.

Перед початком робіт в місцях, де є або може виникнути виробнича небезпека незалежно від характеру виконуваних робіт, що відповідає виконавцю видається наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Особи, які не досягли 18 річного віку, не допускаються в якості електромонтерів та робочих до робіт в електроустановках. Технічне обслуговування являє собою комплекс робіт, що проводив для підтримки в справності електроустановок при використанні їх за призначенням, а також при використанні їх за призначенням, а також при зберіганні і транспортуванні. Вона складається: з повсякденного догляду за електроустановками; контролі режимів їх роботи; спостереження за справним станом; контролем за дотриманням правил технічної експлуатації.

Поточна експлуатація- це проведення робіт, оперативним (оперативно ремонтним) персоналом на закріпленій ділянці під час однієї зміни.

Всі роботи, що проводяться без наряду виконуються за розпорядженням осіб уповноважених на це з оформленням в оперативному журналі; в

Поточної експлуатації з подальшим записом в оперативному журналі.

В основу організації праці електромонтера покладено планово попереджувальний характер технічного обслуговування і ремонту електроустановок із системою оперативно виробничого планування.

При отриманні сигналу про несправності електроустановки електромонтер усуває її і робить огляд.

Керівний технічний працівник (енергетик, майстер) повинен щодня переглядати записи в журналі і вживати необхідних заходів для усунення виявлених несправностей в роботі електрообладнання.

Стан умов праці, при якому виключено вплив на працюючих, різних небезпечних або шкідливих виробничих факторів, прийнято називати безпекою праці.

Адміністрацію підприємства (організації) повинні забезпечити систематичний контроль за дотриманням електромонтерами правил безпеки, застосування запобіжних засобів, спецодягу та інших засобів індивідуального захисту. Посадові особи, які не забезпечують виконання цих вимог, залучаються в установленому порядку до адміністративної або кримінальної відповідальності згідно з чинним законодавством

Електрозахисні засоби і засоби індивідуального захисту, що використовуються електромонтерами при роботах, повинні відповідати вимогам державних стандартів.

ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА

Позначення документа	Документ	Умовне позначення	Зміст зауваження

Дата _____