Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Автономне електропостачання туристичної бази відпочинку**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Амбращук І.Ю. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Філюк Я.О. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Вакуленко О. О. (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Тарасенко М. Г. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 08 » лютого 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Амбращуку Ігорові Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автономне електропостачання туристичної бази відпочинку

Керівник роботи Філюк Ярослав Олександрович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Провести розрахунок навантаження туристичної бази з врахуванням специфіки роботи об'єкта. Провести оцінку ефективності застосування сонячних і вітряних джерел електроенергії в складі гібридної електростанції в даному регіоні

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналітичний розділ
2. Проектно-конструкторський розділ
3. Розрахунковий розділ
4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Добові, сезонні, річні навантаження об'єкта електропостачання
2. Потенціал сонячної енергії та енергії вітру
3. Структурна схема системи електропостачання
4. Результати моделювання системи електропостачання
5. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Вакуленко О. О., ст. викладач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання 08 лютого 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	26.02.2021	
2	Аналітичний розділ	31.03.2021	
3	Проектно-конструкторський розділ	16.04.2021	
4	Розрахунковий розділ	30.04.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	14.05.2021	
6	Висновки	31.05.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	03.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	14.06.2021	

Студент _____ Амбращук І.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Філюк Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор.71 ; рис.27; табл. 23; креслень 5; джерел 19 ; додатків -.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Автономне електропостачання туристичної бази відпочинку».

Мета роботи - вивчення потенційний джерел відновлюваної енергії на території туристичної бази відпочинку з метою їх подальшого використання, а також створення системи електропостачання на базі поновлюваного джерела енергії.

Для досягнення поставленої мети використано розрахункові та графоаналітичні методи, кліматичні характеристики заданого регіону, пакети програм Mathcad, Excel, графічний редактор Microsoft Visio, Mathlab.

Робота проведена з метою оцінки ефективності застосування сонячних і вітряних джерел електроенергії в складі гібридної електростанції в даному регіоні.

В результаті дослідження обрано джерело відновлюваної енергії, розрахований його потенціал, розраховані кількісні характеристики споживачів і генеруючих потужностей.

Ключові слова: База відпочинку, економічна ефективність, поновлювані джерела енергії, генератор, швидкість вітру, сонячна інсоляція, вітрогенератор, сонячна панель, імітаційна модель, графік навантаження, енергетичний баланс.

					КРБ 19 - 016.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Амбращук І.Ю.			РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Філюк Я.О.						
Консульт.						ТНТУ, гр.ЕТс-41		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.						
Затверд.		Тарасенко М.Г.						

ЗМІСТ

Реферат 3

Вступ 6

1 Аналітичний розділ 8

1.1 Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні 8

1.1.1 Енергія вітру 8

1.1.2. Енергія сонця 9

1.2. Вітро-електростанції, основні характеристики та класифікація 10

1.3. Сонячні електростанції, класифікація та особливості їх застосування в автономних системах електропостачання 13

1.4. Типи сонячних батарей, їх характеристики 15

2 Проектно–конструкторський розділ 19

2.1 Визначення добових, сезонних, річних навантажень об'єкта електропостачання, у тому числі освітлювального навантаження 19

2.2 Оцінка потенціалу енергії вітру 26

2.3 Оцінка потенціалу використання енергії сонця 29

2.4 Висновок до розділу 37

3 Розрахунковий розділ 38

3.1 Розробка структурних схем або варіантів схем системи електропостачання 38

3.2 Визначення необхідних генеруючих потужностей і підбір обладнання 40

3.3 Модель вітрогенератора в програмі matlab / simulink 52

3.4 Висновок до розділу 61
4 Безпека життєдіяльності та основи охорони праці 62
4.1 Техніка безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж 62
4.2 Дослідження стійкості роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі 64
Загальні висновки 68
Перелік посилань 69

ВСТУП

Жителі нашої планети стурбовані нестачею традиційних енергетичних ресурсів та екологічно несприятливою обстановкою при їх використанні.

Багато країн світу впроваджують програми з використання так званих «зелених технологій». Європейські країни переходять на будівництво енергоефективних будівель, які здатні генерувати енергії більше, ніж потрібно для власного споживання, тому що електрична енергія, один з найважливіших видів енергії. Сьогодні без неї неможливо уявити життя і діяльність сучасної людини. Від її кількості (виробітку) залежить не тільки комфортні умови існування людини, але і розвиток всіх сфер виробництва, науки і техніки. В даний час, поряд з традиційними джерелами енергії, використовують так звані нетрадиційні поновлювані джерела енергії (НПДЕ). Особливо це актуально в екологічно чистих районах, де не можливе застосування традиційних джерел енергії, оскільки вони мають негативного впливу на навколишнє середовище, а так само на віддалених об'єктах, де застосування традиційних джерел енергії недоцільно економічно або з інших причин.

Одним з актуальних питань житлової проблеми є формування екологічного будинку, що гармоніює з потребами людини і навколишнім середовищем. Одним з найважливіших елементів серед всіх інженерних комунікацій житлового будинку є електропостачання. У наш час просто неможливо уявити собі бази відпочинку без електрики, з його допомогою залишаються доступними всі звичні для міського людини блага цивілізації, комфорт і затишок, скорочення часу виконання рутинних справ.

Все ширше стає перелік електроустаткування, використовуваного в бази відпочинку. Тепер, крім звичних холодильників, обігрівачів, пилососа і світильників, забезпечити електроенергією часто потрібно свердловинні насоси,

теплі підлоги, кондиціонери, електричні сауни, підігрів басейнів, вуличні ландшафтні світильники і багато іншого.

Для безперебійної та безпечної роботи систем водопостачання, опалення, побутових приладів та освітлення потрібно виключно грамотний підхід в питаннях організації електропостачання бази відпочинку.

Метою кваліфікаційної роботи є вивчення потенційних джерел відновлюваної енергії на території туристичної бази відпочинку з метою їх подальшого використання, а також створення системи електропостачання на базі поновлювальних джерел енергії.

Для досягнення поставленої мети необхідне рішення наступних завдань:

- аналіз існуючих типів і характеристик генеруючого

обладнання, представленого у вигляді сонячних батарей, ВДЕ і дизельних генераторів;

- вибір необхідного типу, потужності і кількості джерел електроенергії;

- оцінка економічної ефективності впровадження сонячних джерел електроенергії.

Об'єктами дослідження є поновлювані джерела енергії, такі як сонце і вітер. І можливість їх використання в системі електропостачання туристичного котеджу за допомогою існуючого енергетичного обладнання.

Предметом дослідження є розробка системи електропостачання туристичного котеджу.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні

За результатами досліджень, проведених Міжнародним агентством з відновлюваних джерел енергії (IRENA) у січні 2017 року, Україна володіє найбільшим серед країн Південно-Східної Європи технічним потенціалом впровадження відновлюваних джерел енергії [1]. За оцінками експертів загальний річний потенціал ВДЕ складає більше 1 млн. ГВттод. (без урахування великих гідроелектростанцій). На вітрову енергетику припадає 858,5 тис. ГВттод., на сонячну енергетику 88,4 тис. ГВттод., на енергію біомаси - 78,4 тис. ГВттод., на малі гідроелектростанції (ГЕС) 8,5 тис. ГВттод.

1.1.1 Енергія вітру

Наявний потенціал вітрової енергії підтверджено як міжнародними фаховими установами [1], так і вітчизняними [2 - 4]. За оцінками IRENA технічний потенціал встановленої потужності ВЕС складає 321 ГВт. За прогнозами ІВЕ НАН України встановлена потужність вітрових електростанцій, може сягнути 10 ГВт вже у 2030 році, а річні обсяги виробництва електроенергії - 30 тис ГВттод [5].

До перспективних регіонів будівництва вітрових електростанцій можна віднести Одеську, Херсонську, Запорізьку, Донецьку, Луганську, Миколаївську області, АР Крим та окремі райони Карпат. Прогнозний коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) для сучасної вітроелектричної установки (ВЕУ) трьохмегаватного класу з висотою осі ротора 135 м та діаметром вітроколеса 126 м для даних регіонів складає від 0,4 [2, 3].

За оцінками Української вітроенергетичної асоціації реальний потенціал вітроенергетичного сектора України складає 16 ГВт [5]. Річний виробіток

електричної енергії за такого КВВП оцінюється на рівні 56 млрд. кВт год.

Розподіл потенціалу енергії вітру в Україні наведено на рис. 1.1 [3].

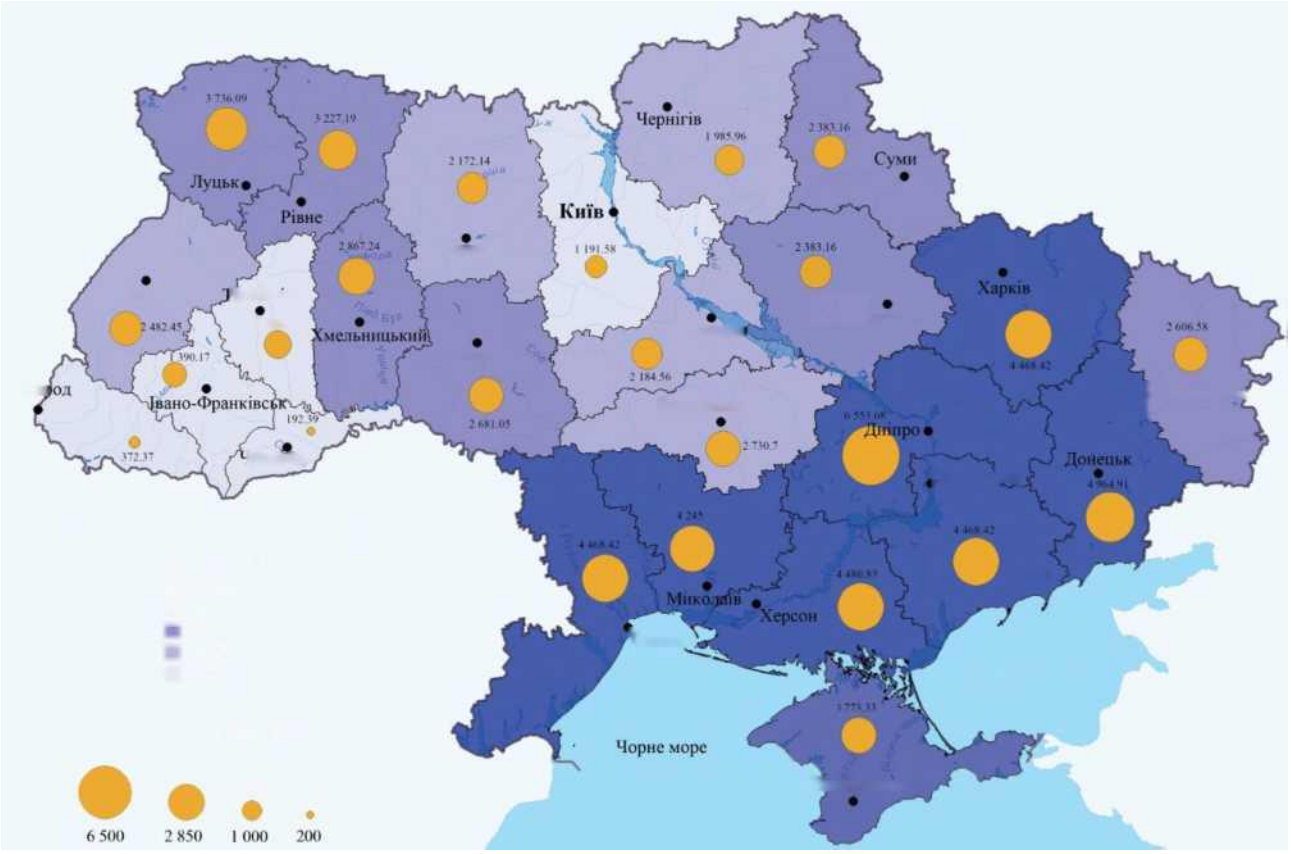


Рисунок 1.1. Карта розподілу потенціалу енергії вітру в

1.1.2. Енергія сонця

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що надходить на 1 кв.м поверхні, на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт.год/кв.м в північній частині України до 1400 кВт.год/кв.м і вище в АР Крим. Технічний потенціал встановленої потужності сонячних електростанцій складає 71 ГВт [2, 3].

Карту надходження сонячної радіації на території України наведено на рис. 1.2 [3]. Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання практично в усіх областях. Найбільш високий потенціал мають південні та східні регіони України.

Згідно з даними Державного агентства з енергоефективності та

енергозбереження України, теоретично можливий потенціал сонячної енергетики на території України складає більше 730 млрд кВттод. на рік, а технічно можливий складає лише 34,2 млрд кВттод. За оцінкою IRENA прогнозна річна генерація сонячними електростанціями у 2030 р. складе 8,4 тис. ГВттод [5].

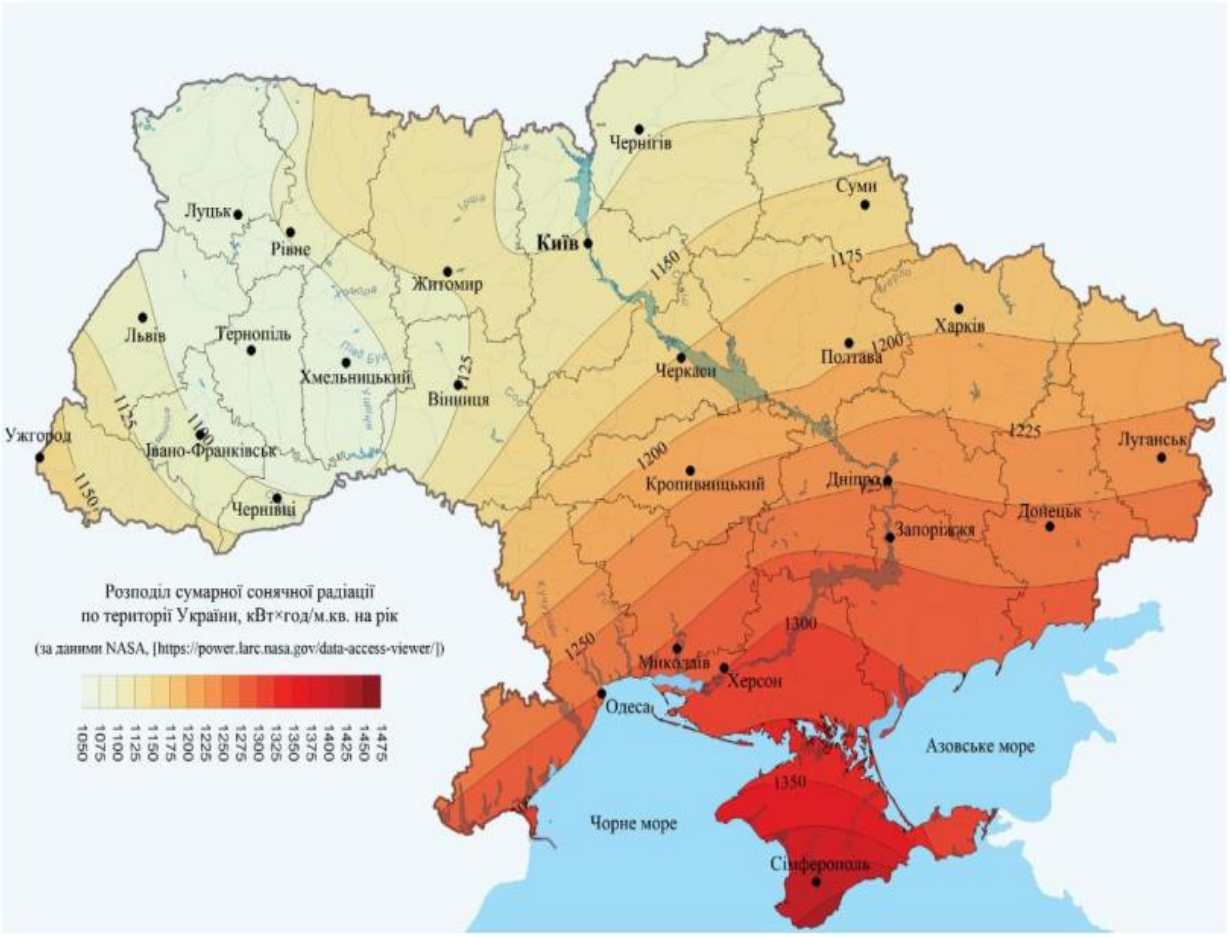


Рисунок 1.2. Карта надходження сонячної радіації на території України

1.2. Вітро-електростанції, основні характеристики та класифікація

Найбільш розвиненою сферою використання поновлюваних природних енергоресурсів є вітро-енергетика. На 2016 рік загальна встановлена потужність усіх вітрогенераторів склала 432 гігават і, таким чином, перевершила сумарну встановлену потужність атомної енергетики. Але на практиці, в середньому за рік, потужність вітрогенераторів в кілька разів нижче встановленої потужності, в той час як АЕС практично завжди працює в режимі встановленої потужності [9].

Принцип дії вітродвигунів грунтується на обертанні вітроколеса з лопатями під натиском вітру. Момент, що обертає вітроколеса за допомогою системи передач передається на вал генератора, який виробляє електроенергію. Кінетична енергія W повітряного потоку з площею поперечного перетину S, що має щільність ρ і швидкість V дорівнює:

$$W = \rho \frac{V^3 S}{2} \tag{1.1}$$

Механічна енергія вітродвигуна $W_{вд}$ визначається коефіцієнтом використання енергії вітру $\xi = \frac{W_{вд}}{W}$ залежить від типу вітродвигуна і режиму його роботи.

Електрична потужність генератора вітро-енергетичної установки може бути визначена за формулою:

$$P_{ел} = \pi \rho V^3 \frac{R^2}{2} \xi \eta \tag{1.2}$$

де R - радіус вітроколеса; η - ККД електро механічного перетворювача енергії [2].

Вітродвигуни можуть бути розділені на дві групи за принципом дії: двигуни, у яких крутний момент утворюється в результаті різниці сил лобового тиску потоку повітря на лопасті робочого колеса щодо осі його обертання, і вітроустановки, які обертаються під дією аеродинамічнії підйомної сили.

До першої групи належать вітродвигуни карусельного, роторного і барабанного типів. Так як робоче вітроколесо має найпростішу конфігурацію, то дані вітродвигуни мають невисоку вартість і досить невибагливі в експлуатації. Але через малий коефіцієнт використання енергії вітру ξ і тихохідність, ці вітродвигуни НЕ набули широкого поширення. Найбільша потужність двигуна розвивається, коли робоча площина, яка сприймає дію потоку повітря, рухається зі швидкістю, що дорівнює 1/3 швидкості вітру. При цьому значення ξ для даних двигунів не перевищує 0,18 [2].

В даний час основним типом вітродвигуна є двигун крильчасті конструкції, в якому крутний момент створюється за рахунок аеродинамічних сил, які

виникають на лопастях робочого вітроколеса. У більшості країн випускаються і застосовуються тільки вітродвигуни крильчатого типу. Так ка вони відрізняються великими коефіцієнтами використання енергії вітру і значно більшою швидкохідністю. Максимальне значення ξ для швидкохідних коліс досягає 0,45 ... 0,48.

За конструктивним виконанням вітродвигуни діляться на дві групи:

• вітродвигуни з горизонтальною віссю обертання;

• вітродвигуни з вертикальною віссю обертання.

Вітродвигуни крильчатого типу з горизонтальною віссю обертанняє найбільш ефективними, коли потік повітря знаходиться в перпендикулярній площині обертання лопастей. Для забезпечення цього умови в складі вітроенергетичної установки необхідно пристрій автоматичного повороту осі обертання. У більшості випадків роль цього пристрою виконує крило-стабілізатор або відповідна система орієнтації вітродвигуна.

При будь-якому напрямку вітру, без зміни свого напрямку, можуть працювати вітродвигуни з вертикальною віссю обертання.

Виходячи з діапазону потужностей, вітроенергетичні установки можна розділити на:

• призначені для «великої» енергетики;

• малі ВЕУ, призначені для систем автономного електропостачання.

Вітроелектричні установки відносно малій потужності, придатні для електропостачання невеликих, розосереджених споживачів. Такі ВЕУ зазвичай компонуються крильчатим вітроколесом з горизонтальною віссю обертання. Найбільш поширеним профілем лопастей на сьогоднішній день є профілі типу NACA 4415, NACA4418, NFL 416, що забезпечують бистрохідність Z = 6 ... 9 [2].

Нестабільність енергії вітру передбачає в складі станції буферний пристрій. Зазвичай таким пристроєм в схемі ВЕУ є акумуляторна батарея. Так як напруга акумуляторної батареї кратно 12 В, то вітрогенератор повинен бути виконаний на відповідну напругу постійного струму. Сучасним рішенням конструкції генератора вітроелектростанції малої потужності є безредукторний

багатополюсний синхронний генератор з порушенням від постійних магнітів і напівпровідниковим випрямлячем вихідної напруги якірної обмотки [2]. Стабілізація напруги, що генерується і оптимальний режим зарядки акумуляторних батарей забезпечується регулятором напруги.

1.3. Сонячні електростанції, класифікація та особливості їх застосування в автономних системах електропостачання

Сонячні електростанції за принципом дії діляться на: фотоелектричні і термодинамічні. Принцип дії термодинамічних СЕС заснований на нагріванні теплоносія сонячним випромінюванням с використанням спеціальних оптичних систем, перетворенням теплової енергії сонця в механічну, а після в електричну.

Станції, що використовують фотоелектричний принцип засновані на використанні ефекту прямого перетворення сонячного випромінювання в електроенергію, який був відкритий в 1839 році французьким фізиком Беккерелем [2]. Фотоелементами зазвичай є кремнієві напівпровідникові фотодіоди.

Поглинаючи світло, напівпровідникова структура передає енергію фотонів електронам матеріалу, що згодом викликає поява вільних носіїв заряду. Вільні носії заряду створюють потенційний градієнт в області p-n переходу, через вплив якого через електроприймачі протікає електричний струм.

Енергетичні характеристики фотоелементів, головним чином, визначають наступні чинники: інтенсивність сонячного освітлення, величина навантаження, робоча температура.

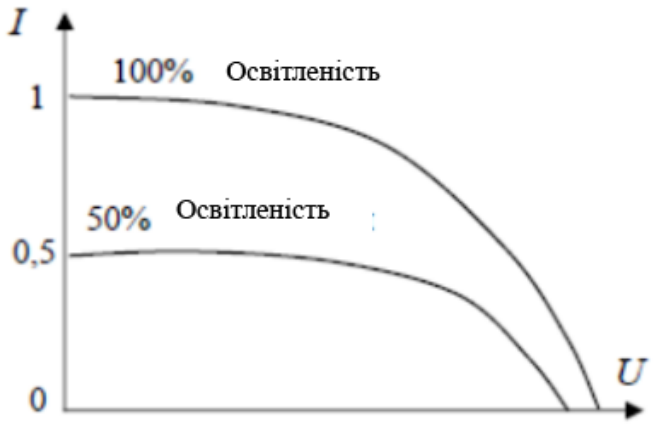


Рисунок 1.3 - Вольт-амперні характеристики модуля при різній інтенсивності сонячного освітлення

Зниження інтенсивності сонячного випромінювання зрушує вольтамперних характеристику фотоелемента вниз, що означає значне зниження струму короткого замикання і незначне зниження напруги холостого ходу.

Сонячне випромінювання перетворюється на теплову енергію теплоносія за трьома принципами:

• застосування розосереджених колекторів;

• використання системи з центральною сонячної вежею;

• побудова сонячного колектора з центральною трубою [2].

Найбільшого поширення мають сонячні електростанції з розосередженими колекторами. Сонячне випромінювання перетвориться в теплову енергію теплоносія за допомогою безлічі порівняно невеликих концентруючих колекторів, які незалежно один від одного орієнтується на сонце. Концентратори мають дзеркальну відбивну поверхню параболічної форми. Приймальний пристрій, в якому відбувається передача сонячної енергії рідини теплоносія, встановлюється у фокусі концентраторів. Нагріта рідина від всіх колекторів консолідується, і її теплова енергія використовується для отримання механічної енергії у відповідних теплових двигунах.

Вода може використовуватися в якості теплоносія. Під впливом концентрованого сонячного випромінювання вода перетворюєтьсяв пар, який

використовується в паровій турбіні. Також теплоносіями в сонячному контурі можуть бути різні хімічні речовини, що володіють високою теплоємністю і температурою кипіння, такі як: натрій, дисоційованому аміак, вуглеводневий оксид ДИФЕНІЛИ і ін. В останньому випадку до складу СЕС входить теплообмінник, який призначений для отримання водяної пари у вторинному контурі. Далі пар високого тиску надходить на лопатки турбіни, яка обертає турбогенератор. Використаний пар після турбіни концентрується і повертається в енергетичний блок, де вода знову перетворюється на пару [2].

Оптична система в сонячних електростанціях баштового типу являє собою комплекс однотипних, автономно орієнтувальних зеркал-геліостатів. На башті встановлюється приймач концентрованого сонячного випромінювання. Наступні перетворення теплової енергії в електричну здійснюються аналогічно енерго преобразованій на теплових електростанціях [2].

1.4. Типи сонячних батарей, їх характеристики

Сонячна батарея складається з окремих сонячних елементів (СЕ), які з'єднуючись разом, забезпечують необхідну потужність батареї.

Робота СЕ полягає в використанні явища фотоефекту. Суть фотоефекту полягає в тому, що фотони світла, як основа сонячного випромінювання, можуть вибивати електрони або з поверхні тіл (зовнішній фотоефект) або тільки з кристалічної решітки в середині напівпровідника (Внутрішній фотоефект).

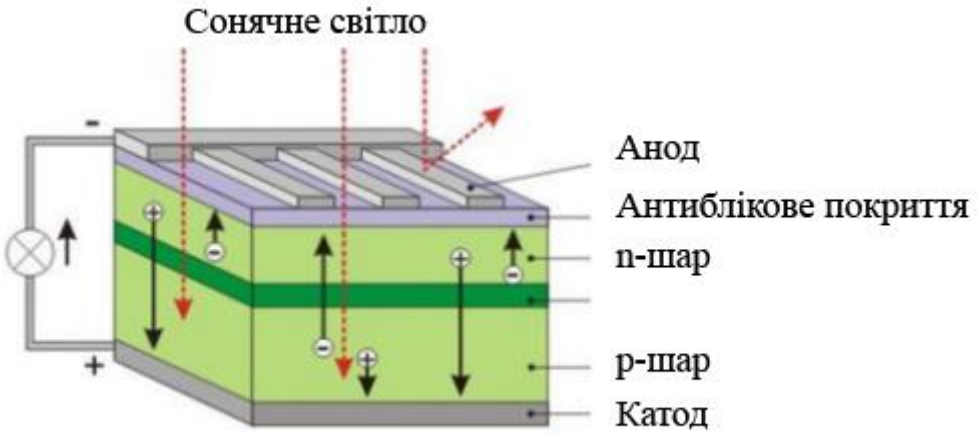


Рисунок 1.4 - Структура сонячного модуля

Створені світлом в обох шарах ФЕП нерівноважні носії заряду (Електронно-діркові пари) поділяються на pn-переході: неосновні носії (тобто електрони) вільно проходять через перехід, а основні (Дірки) затримуються. Якщо тепер замкнути зовнішнє коло, то електрони з n-шару, зробивши роботу на навантаженні, будуть повертатися в p-шар і тамрекомбинировать (об'єднуватися) з дірками, що рухаються у середині ФЕП в протилежному напрямку. Для збору і відводу електронів у зовнішнє коло на поверхні напівпровідникової структури ФЕП є контактна система. На передній, освітленій поверхні перетворювача контакти виконуються у вигляді сітки або гребінки, а на тильній можуть бути суцільними. При підключенні до елементу навантаження сила струму зростає пропорційно яскравості сонячного світла, аж до певного критичного значення.[3]

В даний час на ринку найбільш поширені п'ять типів сонячних батарей, що розрізняються матеріалами, з яких виготовлені їх елементи.

Сонячні панелі з монокристалічних фото електричних елементів. Сонячні панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів більш ефективні, але і дорожчі в перерахунку на ват потужності. Їх ККД, як правило, в діапазоні 14-16%.

Основний матеріал - вкрай чистий кремній, який проходить кілька стадій очищення від домішок. Даний матеріал добре освоєний в області виробництва напівпровідників. Кремнієвий монокристал росте на насінні, яке повільно витягується з кремнієвого розплаву. Стрижні, отримані таким шляхом, ріжуться

на частини товщиною від 0,2 до 0,4 мм. Потім ці диски піддаються ряду виробничих операцій, таких як:

-обточування, шліфування і очищення;

-наложення захисних покриттів;

-металлізація;

-антірефлексійне покриття.

Рисунок 1.5. - Зовнішній вигляд панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів

Зазвичай монокристалічні елементи мають форму багатокутників, якими важко заповнити всю площу панелі беззалишку. В результаті питома потужність сонячної батареї трохи нижче, ніж питома потужність окремого її елемента.

Також сонячні панелі виготовляються на основі полікристалічних фотоелектричних елементів. Виготовлення ж полікристалічного кремнію набагато легше, так як цей матеріал складається з випадково зібраних різних монокристалічних решіток кремнію.

Сонячні панелі з полікристалічних фотоелектричних елементів найбільш поширені через оптимального спів відношення ціни і ККД серед всіх різновидів панелей. Їх ККД становить 12-15%. У елементів, що утворюють панель, характерний синій колір і кристалічна структура.

Полікристалічний кремній формується, коли кремнієвий розплав охолоджується повільно і знаходиться під контролем. При виробництві полікристалічних панелей операція витягування, характерна для виробництва монокристалічних елементів, не здійснюється, що робить виробництво менш енергоємним і більш дешевим. Однак в середині кристалу полікристалічного кремнію є області, відокремлені зернистими кордонами, викликають меншу ефективність елементів.

Далі мова піде про тонкоплівкових сонячних батареях. Всі данні типи батарей мають дві основні переваги в порівнянні з кремнієвими: хороша гнучкість і низька маса. З розвитком технологій виробництва і збільшенням ефективності перетворення можливо дані переваги стануть ключовими і приведуть до повсюдного поширення таких типів сонячних елементів. Розглянемо більш докладно три основні види тонкоплівкових сонячних батарей.

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення добових, сезонних, річних навантажень об'єкта електропостачання, у тому числі освітлювального навантаження

Розрахунок електроприймачів ведеться за методикою [1].

План будинку зведений чисельними значеннями в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Приміщення котеджу із зазначенням площ і встановлюваних електроприладів з встановленою потужністю

Приміщення	Площа $м^2$	Встановлювані електропобутові прилади	Номінальна потіжність, кВт
Кухня-їдальня	25,9	Ел. плита	10,5
		Холодильник	0,6
		Чайник	1,5
		СВЧ піч	1,15
		Мультиварка	1
		Витяжка	0,3
		Телевізор	0,02
		М’ясорубка	1,5
		1 розетка на струм 16 А 7 розеток на струм 6 А	0,8
Хол, тамбур, тераса	66,5	7 розеток на струм 6 А	0,7

Продовження таблиці 2.1

Вітальня	26,3	Домашній кінотеатр	0,8
		Кондиціонер	2,2
		7 розеток на струм 6 А	0,7
Спальня 1	12,2	ПК	0,5
		Фєн	2,3
		Кондиционер	2,2
		4 розетки на струм 6 А	0,4
Спальня 2	15,1	ПК	0,5
		4 розетки на струм 6 А	0,4
Спальня 3	12,7	Кондиционер	2,2
		4 розетки на струм 6 А	0,4
Спальня 4	16,0	Кондиционер	2,2
		5 розетки на струм 6 А	0,5
Спальня 5	14,2	Телевізор	0,02
		4 розетки на струм 6 А	0,4
		2 розетки на струм 6 А	0,2
Передпокій	4,3	2 розетки на струм 6 А	0,2
		Праска	2,5
Гардероб	7,7	2 розетки на струм 6 А	0,2
Сан вузол 1	2,4	1 розетка на струм 6 А	0,1
Приміщення	Площа м^2	Встановлювані електропобутові прилади	Номінальна потіжність, кВт
Сан вузол 2	6,0	Пральна машина	2,2
		2 розетки на струм 6 А	0,2
Сауна	10,6	Телевізор	0,02
		3 розетки на струм 6 А	0,3
Балкон	14	4 розетки на струм 6 А	0,4
Разом:			39,91 кВт

Розрахунок освітлення ведеться щодо номінальної або встановленої активної потужності $P_{уст}$:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м \qquad (2.1)$$

Де S - площа приміщень, м 2 ,

$P_{уст}$ - номінальна або встановлена потужність, Вт / м 2 ,

K_c - коефіцієнт попиту, в.о.,

$K_м$ - коефіцієнт використання, о.е..

У таблиці 2.1 наведені рекомендовані величини коефіцієнта попиту, коефіцієнта використання і встановленої потужності для різних приміщень. В даному проекті будуть використані світильники з світлодіодними лампочками.

Таблиця 2.2 - Параметри освітлення приміщення

Приміщення	Номінальна або встановлена потужність Вт/м^2	Коефіцієнт попиту	Коефіцієнт використання	Розрахункова потужність кВт
Вітальня	3,8	0,8	0,8	0,064
Спальня	2,8	0,6	0,6	0,0708
Кухня	2,8	1,0	0,6	0,058
Сауна	0,8	0,8	0,8	0,054
Решта	2,3	0,8	0,8	0,149

Вітальня:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м = 26,3 \cdot 3,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 63,96 \ Вт;$$

Спальня:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м = (12,2 + 15,1 + 12,7 + 16 + 14,2) \cdot 2,8 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 70,76 \ Вт;$$

Кухня:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м = 25,9 \cdot 2,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 58,016\ Вт;$$

Сауна:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м = 10,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 5,427\ Вт;$$

Решта - до даної категорії відносяться передпокій, гардероб, 2 сан.вузла, хол, тамбур, тераса, балкон:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_м = (13,9 + 6,9 + 42,8 + 2,9 + 4,3 + 7,7 + 2,4 + 6 + 14) \cdot 2,3 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 148,52\ Вт;$$

Також необхідно врахувати вуличне освітлення, яке приймаємо рівним 100 Вт.

Таким чином сумарна потужність електричного освітлення з світильниками у яких установлені лампами розжарювання:

$$P_{\Sigma} = 0,064 + 0,0708 + 0,058 + 0,0054 + 0,149 + 0,1 = 0,447\ кВт$$

Розрахунок потужностей побутових електроприймачів: встановлена потужність вибирається з паспортних даних електроприладів. Розрахункова потужність електроприймачів:

$$P_{\Sigma} = \sum P_{уст} \cdot K_c \cdot До_i \qquad (2.2)$$

Розрахунок сумарної активної потужності: $P_{P\Sigma} = \sum P \cdot \cos\varphi$

Де *cosφ* - коефіцієнт активної потужності, рівний 0,92 [1].

Таблиця 2.3 - Побутові електроспоживачі з заданими і розрахованими характеристиками

Найменування груп електроспоживачів або окремих ЕП	Встановлена потужність, кВт	Розрахункові коефіцієнти		Активна, кВт	Примітка
		Попиту K_c	Використання $K_м$		
Електричне освітлення	0,447	-	-	0,447	Світлододні лампи

Продовження таблиці 2.3

Побутова розеткова мережа	3,9	-	0,7	2,73	
Кухня					
Ел. Плита	10,5	0,5	0,6-0,7	3,15	
Холодильник	0,6	1,0	0,5	0,3	
Чайник	1,5	0,2	1,0	0,3	
СВЧ піч	1,15	0,2	1,0	0,23	
Мультиварка	1	0,1	1,0	0,1	
Витяжка	0,3	0,3	0,8	0,072	
Телевізор	0,04	0,6	1,0	0,024	
М’ясорубка	1,5	0,05	1,0	0,075	
Спальня х5					
Телевізор	0,04	0,6	0,1	0,024(2)	
Пк	2,0	0,4	1,0	0,8(2)	
Фєн	2,3	0,05	0,9	0,104	
Кондиціонер	2,2	0,7	0,8	1,232(3)	
Вітальня					
Домашній кінотеатр	1,0	0,4	1,0	0,4	
Кондиціонер	2,2	0,7	0,8	1,232	
Сауна					
Телевізор	0,04	0,6	1,0	0,024	
Гардероб					
Праска	2,5	0,1	1,0	2,5	
Сан вузол 2					
Пральна машинка	2,0	0,2	0,3	0,24	
Сумарно	52,551	-	-	17,276	

Знаючи cosφ, можна знайти коефіцієнт реактивної потужності tgφ = 0,426.

Знайдемо повну і реактивну сумарну потужність:

$$Q = P \cdot tg\varphi$$
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \qquad (2.3)$$

Згідно знайденим значенням $cos\varphi$, $tg\varphi$, P_p , а також типовим даними про сезонні графіках електричних навантажень житлових об'єктів сільської місцевості, [2], будуємо типові добові графіки активної і реактивної потужності по сезонах (рісунок2.1).

Для кожного сезону характерний свій коефіцієнт сезонності [2]. Після перерахунку заносимо значення активної і реактивної потужності в таблицю

Зима:

$$P_{p100\%} = 15,89 \cdot 0,25 = 3,972 \ кВт;$$
$$Q_{p100\%} = 6,77 \cdot 0,35 = 2,369 \ кВар;$$

Далі знайдемо розрахункові дані про споживання електроенергії.

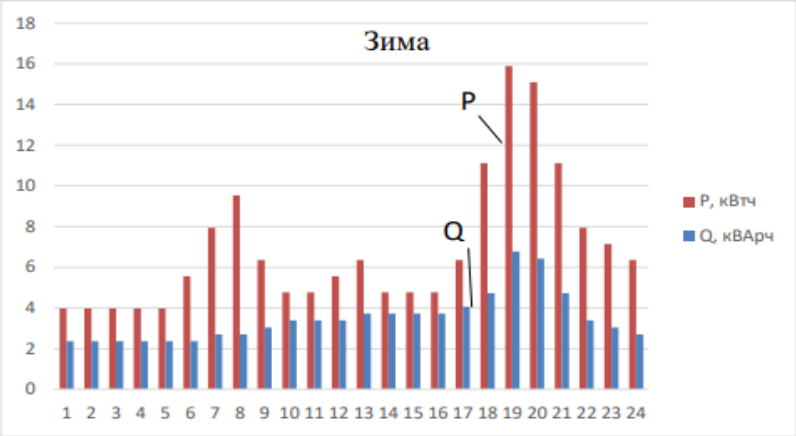
Енергію за добу знайдемо за формулою, на прикладі активної потужності:

$$W_{a.c.} = \sum_{i=1}^{24} P_{pi} \cdot \Delta t$$
$$V_{p.c.} = \sum_{i=1}^{24} Q_{pi} \cdot \Delta t \qquad (2.4)$$

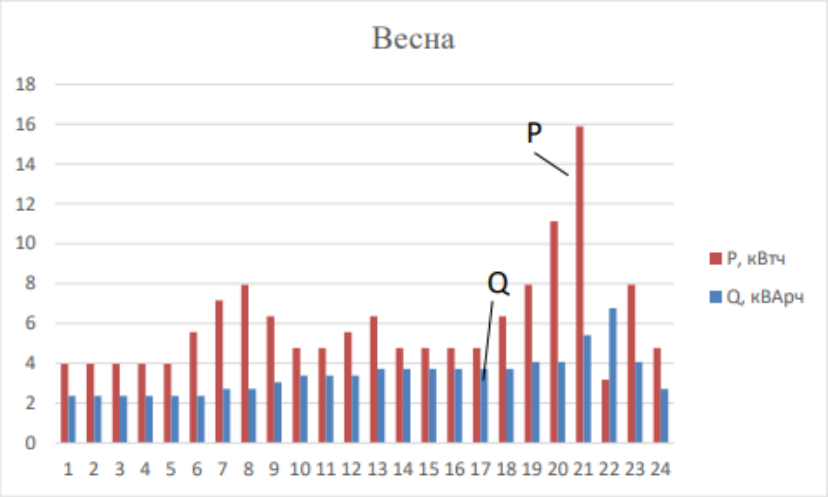
Де Δt - дискретизація графіка, в даному випадку 1 годину.

Для визначення річного споживання скористаємося формулою

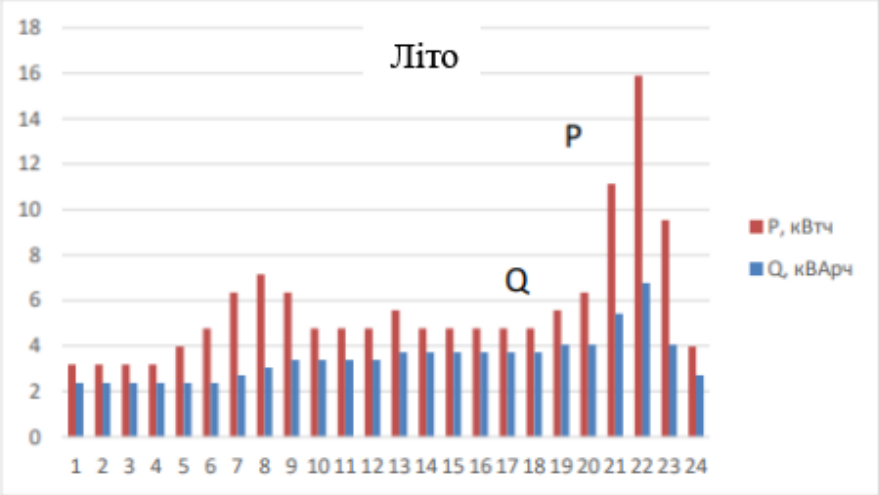
$$W_{a.г.} = 90 \cdot W_{a.c.зима} + 90 \cdot W_{a.c.весна} + 90 \cdot W_{a.c.літо} + 90 \cdot W_{a.c.осінь}$$
$$V_{a.г.} = 90 \cdot V_{p.c.зима} + 90 \cdot V_{p.c.весна} + 90 \cdot V_{p.c.літо} + 90 \cdot V_{p.c.осінь}$$



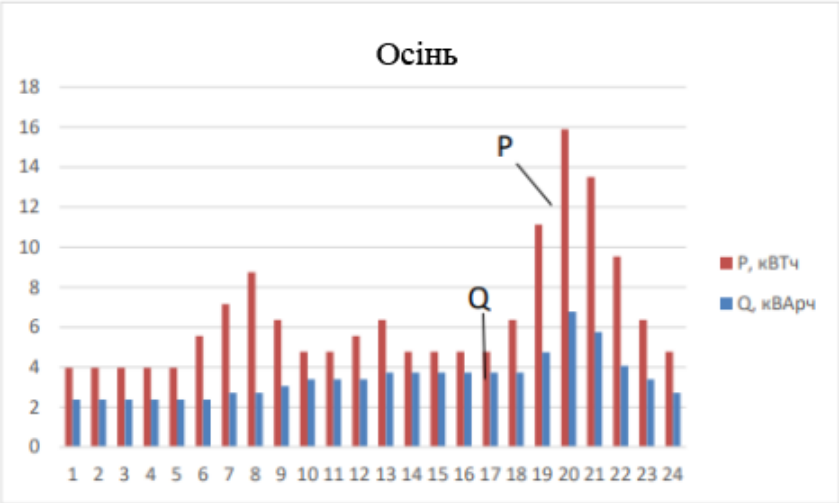
А)



Б)



В)



Г)

Рисунок 2.1 - Сезонні графіки навантажень: А-зима, Б-весна, В-літо, Г-осінь

Розрахункові дані про споживання електричної енергії наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Споживання електричної енергії по сезонах

Сезон	Доба		Рік	
	W_a, $кВт \cdot ч$	V_p, $кВАр \cdot ч$	W_a, $кВт \cdot ч$	W_p, $кВАр \cdot ч$
Зима	166,05	83,61	54345	29826
Весна	144,6	82,256		
Літо	137,45	82,933		
Осінь	155,72	82,594		

2.2 Оцінка потенціалу енергії вітру

Режим вітру протягом усього року складається в залежності від циркуляційних факторів і місцевих умов. На напрям вітру в окремих пунктах істотний вплив роблять місцеві умови: нерівності рельєфу, напрям долин річок, різні перешкоди. Переважаючими напрямками вітрів протягом року є вітри південного, південно-західного, північно-західного і північного напрямків.

Суттєвою рисою клімату є велика тривалість сонячного сяйва - 1900-2200 годин, по даним показником не поступається, а часом перевершує південні райони України.

Використовуючи інформацію про погоду з сайту www.rp5.ru [28] розрахуємо середнє значення сили вітру по місяцях за три роки в проміжку з 2015 по 2017 рік включно. Дані розрахунки зводимо в таблицю 2.5. Середня швидкість вітру визначається як середньо арифметичне значення, отримане в внаслідок вимірювань швидкості через рівні проміжки часу протягом заданого періоду: годинни, добу, місяці, рік, кілька років:

$$V_{cp} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} V_i \qquad (2.5)$$

Виробники вітрогенераторів, як правило, використовують стандартні значення висот веж (12 м, 18 м, 24 м, 30,5 м, 36,6 м), виходячи з цього в розрахунках швидкості вітру на висоті h, h будемо приймати на рівні 12 метрам.

Таблиця 2.5 - Середнє значення швидкості вітру

Місяць	Швидкість вітру, м/с		
	2017	2016	2015
Січень	2,85	2,51	3,1
Лютий	3,12	2,54	2,96
Березень	2,49	2,52	3,12
Квітень	2,9	3,71	3,34
Травень	3,36	3,47	3,12
Червень	2,79	2,9	3,05
Липень	2,22	2,35	3,13
Серпень	2,04	2,6	2,78
Вересень	2,74	2,49	2,56
Жовтень	3,02	2,96	3,04
Листопад	3,34	2,28	3,67
Грудень	3,35	2,9	3,2

Відомо, що швидкість вітру в міру віддалення від підстильної поверхні зростає і повітряний потік стає більш стійким. [3]

Наближено швидкість вітру на висоті h може бути оцінена за формулою:

$$V_h = V_ф \left(\frac{h}{h_ф} \right)^{\alpha} \tag{2.6}$$

$V_ф$ - швидкість вітру на висоті флюгера;

$h_ф$ - висота флюгера;

α - коефіцієнт, що залежить від середньої швидкості вітру на висоті флюгера.

По розташуванню об'єкт знаходиться в лісо-тундровій зоні, отже, керуючись СНиП 2.01.07-85 коефіцієнт α = 0,4.

Необхідність поправки швидкості вітру по вертикальному профілю, обумовлена оптимизаційним завданням. Рішення якої, дозволить використовувати потенціал вітряної енергії по максимуму. При цьому мається обмеження у вигляді максимально допустимої висоти вежі вітрогенератора.

За даними таблиці будуємо графік середньої швидкості вітрів, рисунок 2.2

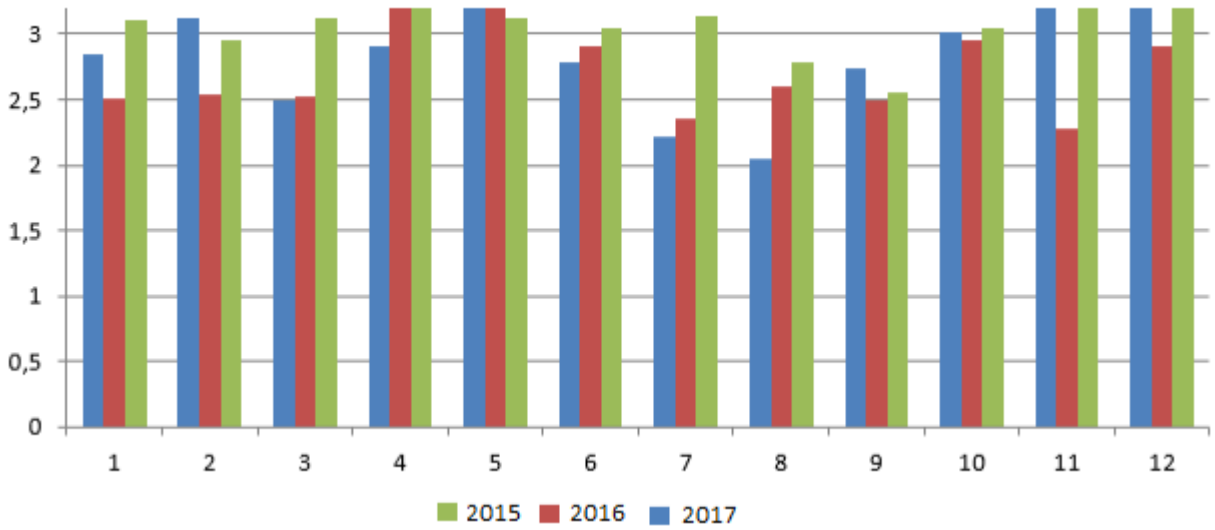


Рисунок 2.2 - Середня швидкість вітру для заданого регіону за 2015 року, 2016-2017 р.р.

Дані за найбільшою кількістю днів з сильним вітром >15 м/с зведенів таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Найбільше число днів з сильним вітром> 15 м/с

Висота флюгера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
12	10	4	6	7	10	4	5	2	4	6	6	5	39

Середнє значення сили вітру за рік, для кожного місяця представлені на рисунку 2.3

Рисунок 2.3 - Середнє значення сили вітру за рік, для кожного місяця.

З рисунку 2.3 видно, що в середньому швидкість вітру складає 3 м / с. Вона опускається нижче 3.5 м/с. Тим самим, даний регіон володіє не сприятливим вітроенергетичний потенціал.

2.3 Оцінка потенціалу використання енергії сонця

Сонячна енергія - основне джерело енергії, що приходить з космосу на поверхню Землі. Сонце - природний постійно-діючий термоядерний реактор.

В середньому за рік по загальній хмарності в даному районі спостерігається 247 ясних днів і 118 - похмурих.

У таблиці 2.7 наведені дані про величини сонячної інсоляції для середніх місяців сезону за розрахунками в середовищі Mathcad.

Таблиця 2.7 - Інсоляція сонця сезонний

Сезони	Сонячна інсоляція, λ кВт/м^2/день
Зима	13,2
Весна	18,4
Літо	19,21
Осінь	14,4

Розрахунок інсоляції в середовищі Mathcad. Як приклад зробимо розрахунок для зими задавши координати 51° 25'00 "пн.ш. 106° 32'30" в.д і вибравши дні 23 січня (23-й день).

$S0 := 1395$

$N := 23$

$c := 0.43$

$\varphi := 0.245 \cdot \pi$

$\gamma := 0$

$a := 0.36$

$b := 0.38$

$n := 0.7$

$\omega := \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{12}, 0, \frac{-\pi}{12}, \frac{-\pi}{6}, \frac{-\pi}{4}, \frac{-\pi}{3}$

$s := \frac{\pi}{12}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{5}{12}\pi$

$\delta := 0.41 \cdot \sin\left[2 \cdot \pi \cdot \frac{(284 + N)}{365}\right]$

$\delta = -0.345$

$\alpha(\omega) := \operatorname{asin}[(\sin(\varphi) \cdot \sin(\delta)) + (\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega))]$

$$\theta(\omega, s) := \operatorname{acos}\left[\left[\begin{array}{l} (\sin(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(s)) \ldots \\ + (-\sin(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma)) \ldots \\ + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(s) \cdot \cos(\omega) \ldots \\ + (\cos(\delta) \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\omega)) \ldots \\ + (\cos(\delta) \cdot \sin(s) \cdot \sin(\gamma) \cdot \sin(\omega)) \end{array}\right]\right]$$

$$Sopт(\omega) := \frac{S0 \cdot \sin(\alpha(\omega))}{\sin(\alpha(\omega)) + c}$$

$Sнакл(\omega, s) := Sopт(\omega) \cdot \cos(\theta(\omega, s))$

$Drop(\omega) := 0.3 \cdot (S0 - Sopт(\omega)) \cdot \sin(\alpha(\omega))$

$Dнакл(\omega, s) := Drop(\omega) \cdot [(0.55 + 0.434 \cdot \cos(\theta(\omega, s))) + 0.313 \cdot \cos(\theta(\omega, s)) \cdot \cos(\theta(\omega, s))]$

$Qнакл(\omega, s) := Sнакл(\omega, s) + Dнакл(\omega, s)$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Qнакп\left(\omega, \frac{\pi}{12}\right) d\omega = 754.081$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Qнакп\left(\omega, \frac{\pi}{6}\right) d\omega = 954.107$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Qнакп\left(\omega, \frac{\pi}{4}\right) d\omega = 1.095 \times 10^{3}$$

$$\int_{-\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{4}} Qнакп\left(\omega, \frac{\pi}{3}\right) d\omega = 1.164 \times 10^{3}$$

Отже, максимальна кількість енергії сонячної радіації приходить на площину, нахилену до горизонту під кутом π/3. Переводимо радіани в годину.1164 Вт/м^2*рад = 1164*12/3,14 = 4,45 Вт/м^2*ч

Таблиця 2.8 - Значення інсоляції по місяцях року, λ кВт/м^2/день

Місяць	λ кВт/м^2/день
Січень	4,45
Лютий	4,76
Березень	5,7
Квітень	6,2
Травень	6,5
Червень	6,63
Липень	6,47
Серпень	6,11
Вересень	5,49
Жовтень	4,79
Листопад	4,12
Грудень	3,99

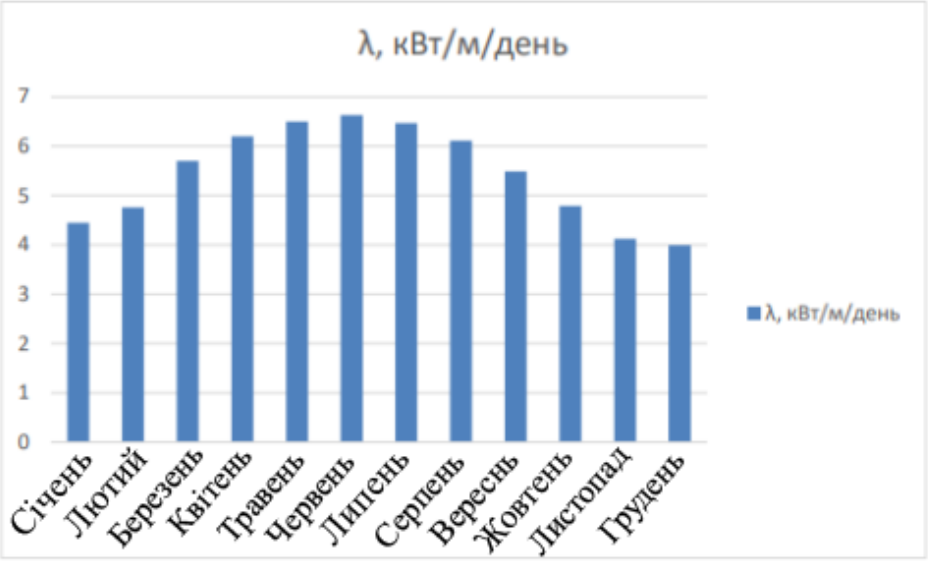


Рисунок 2.4 - Інсоляції по місяцях року

У таблиці 2.9 наведені усереднені дані про схід і захід сонця, на основі яких обчислена тривалість світлового дня.

Таблиця 2.9 - Середньомісячна тривалість світлового дня

Сезон	Схід	Захід	Тривалість
Зима	9:30:00	16:23:00	6:53:00
Весна	6:32:00	20:56:00	15:24:00
Літо	4:55:00	21:58:00	17:03:00
Осінь	8:16:00	18:13:00	9:57:00

Для побудови графіка значення сонячної енергії в залежності від часу доби скористаємося наступним алгоритмом. В якості прикладу зробимо розрахунок для зими. Для кожної години в добі відзначимо наявність або відсутність сонця, починаючи з години сходу по годину заходу. Далі підраховуємо кількість годин з сонцем, в даному випадку N = 9.

Будувати графік будемо у вигляді синусоїди, в діапазоні кутів від 0 до 180 (Схід = 0, захід = 180), тому для кожної години сонячної активності призначимо кут, відповідно до кількості годин тривалості дня.

Розбиваємо 9 годинний інтервал на рівні проміжки і отримуємо, що за годину кут змінюється на 22,5 градусів.

Визначаємо потужність, яку можна отримати з 1м^2 за 1 годину, стовпець

$$P' = \frac{\lambda}{24} \cdot \sin \varphi_i \tag{2.7}$$

Підсумувавши отримані значення потужності, зауважимо, що знайдені значення відрізняється від величини добової інсоляції на квадратному метрі. Отже, необхідно знайти поправочний коефіцієнт:

$$K_{П} = \frac{\lambda}{\sum P'i} = \frac{13,2}{0,278} = 9,54 \tag{2.8}$$

Використовуючи поправочний коефіцієнт, знайдемо значення потужності длякожної години W:

$$P = P'_i \cdot 9,54 \tag{2.9}$$

Для інших сезонів розрахунок аналогічний. На рисунку 2.5 наведені добові графіки вироблюваної активної потужності з квадратного метра під дією

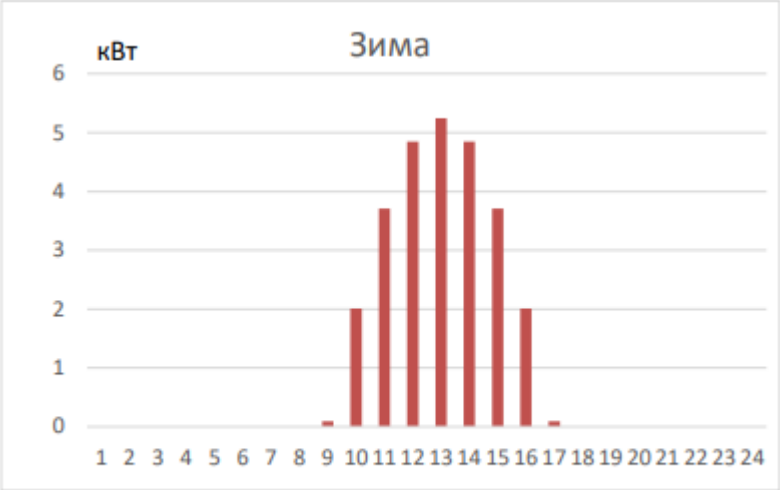
сонячного випромінювання для кожного з сезонів. У таблиці 2.10, 2.11 відображені чисельні значення цих потужностей.

Таблиця 2.10 - Побудова графіка енергії сонця, для зимового сезону

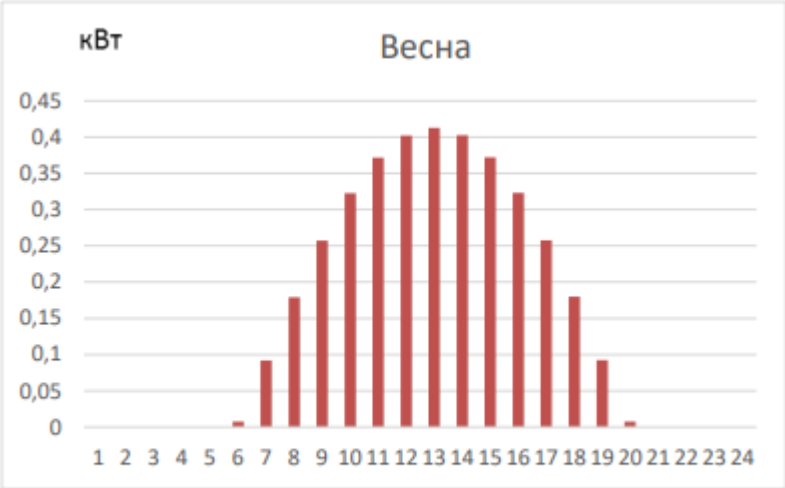
T	flag	φ	*P'*	P, кВт/м²	W, кВт·ч/м²
00:00:00	0	0	0	0	0
01:00:00	0	0	0	0	0
02:00:00	0	0	0	0	0
03:00:00	0	0	0	0	0
04:00:00	0	0	0	0	0
05:00:00	0	0	0	0	0
06:00:00	0	0	0	0	0
07:00:00	0	0	0	0	0
08:00:00	0	0	0	0	0
09:00:00	1	1	0,00095	0,00915	0,00915
10:00:00	1	22,5	0,0210	0,20080	0,20080
11:00:00	1	45	0,0388	0,37103	0,37103
12:00:00	1	67,5	0,0508	0,48477	0,48477
13:00:00	1	90	0,055	0,52471	0,52471
14:00:00	1	112,5	0,0508	0,48477	0,48477
15:00:00	1	135	0,0388	0,37103	0,37103
16:00:00	1	157,5	0,0210	0,20080	0,20080
17:00:00	1	179	0,0009	0,00915	0,00915
18:00:00	0	0	0	0	0
19:00:00	0	0	0	0	0
20:00:00	0	0	0	0	0
21:00:00	0	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0	0
23:00:00	0	0	0	0	0
Разом	-	-	0,278	2,656	2,656

Таблиця 2.11 - Добові графіки активних навантажень і вироблюваної потужності з 1 квадратного метра за рахунок енергії сонця

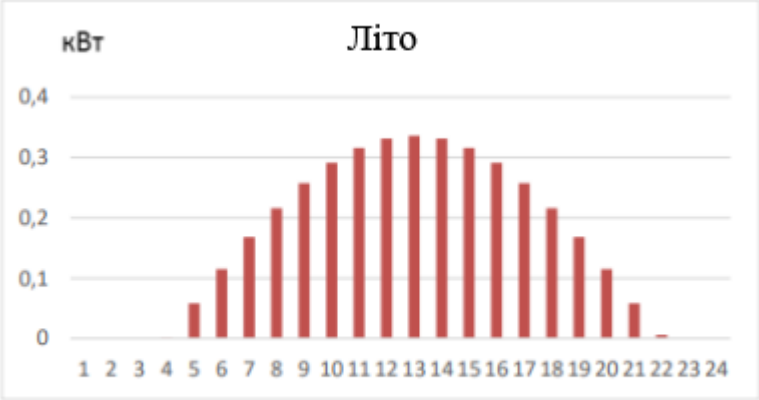
t, ч	Зима		Весна		Літо		Осінь	
	Рз	Wз	Рв	Wв	Рл	Wл	Ро	Wо
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0,00058	0,00058	0	0
5	0	0	0	0	0,058	0,058	0	0
6	0	0	0,007	0,007	0,114	0,114	0	0
7	0	0	0,091	0,091	0,168	0,168	0	0
8	0	0	0,179	0,179	0,216	0,216	0,0079	0,0079
9	0,00915	0,00915	0,257	0,257	0,257	0,257	0,1401	0,1401
10	0,20080	0,20080	0,322	0,322	0,291	0,291	0,266	0,266
11	0,37103	0,37103	0,371	0,371	0,315	0,315	0,366	0,366
12	0,48477	0,48477	0,402	0,402	0,331	0,331	0,431	0,431
13	0,52471	0,52471	0,412	0,412	0,336	0,336	0,453	0,453
14	0,48477	0,48477	0,402	0,402	0,331	0,331	0,431	0,431
15	0,37103	0,37103	0,372	0,372	0,315	0,315	0,366	0,366
16	0,20080	0,20080	0,323	0,323	0,291	0,291	0,266	0,266
17	0,00915	0,00915	0,257	0,257	0,257	0,257	0,140	0,140
18	0	0	0,179	0,179	0,216	0,216	0,0079	0,0079
19	0	0	0,092	0,092	0,168	0,168	0	0
20	0	0	0,007	0,007	0,114	0,114	0	0
21	0	0	0	0	0,058	0,058	0	0
22	0	0	0	0	0,005	0,005	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0


кВт
Зима
6
5
4
3
2
1
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

а)


кВт
Весна
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

б)


кВт
Літо
0,4
0,3
0,2
0,1
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

В)

г)

Рисунок 2.5 - Сезонні графіки вироблюваної активної потужності зарахунок сонячної енергії з 1 м^2 а) зима, б) весна, в) літо, г) осінь

2.4 Висновок до розділу

Проведено розрахунок навантаження туристичної бази з урахуванням специфіки роботи об'єкта. Розраховані графіки навантаження.

На підставі графіків навантаження і енергетичних параметрів поновлюваних джерел були складені енергетичні баланси. На підставі балансів і економічних розрахунків був обраний сонячне джерело енергії як основний.

В якості основного енергетичного обладнання було обрано сонячна панель марки ФСМ 155М і з інвертор MAP·SIN·PRO·48·18. З огляду на специфіку роботи мережевого інвертора була розроблена схема електричного приєднання до основної системи електропостачання.

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка структурних схем або варіантів схем системи електропостачання

Як запропонованих варіантів автономного електропостачання котеджу будемо розглядати наступні:

- Варіант 1 Живлення котеджу від двох вітроенергетичних установок із застосуванням акумуляторів для запасу зайвої енергії і дизель-генераторної установкою для резервування.

- Варіант 2 Живлення котеджу від сонячних батарей площею 200 м^2 із застосуванням акумуляторів для запасу зайвої енергії і використання дизель-генераторної установки для резервування.

Для варіанту 1 структурна схема представлена на рисунку 3.1. Пунктирними лініями позначені інформаційні канали, суцільними лініями - силові.

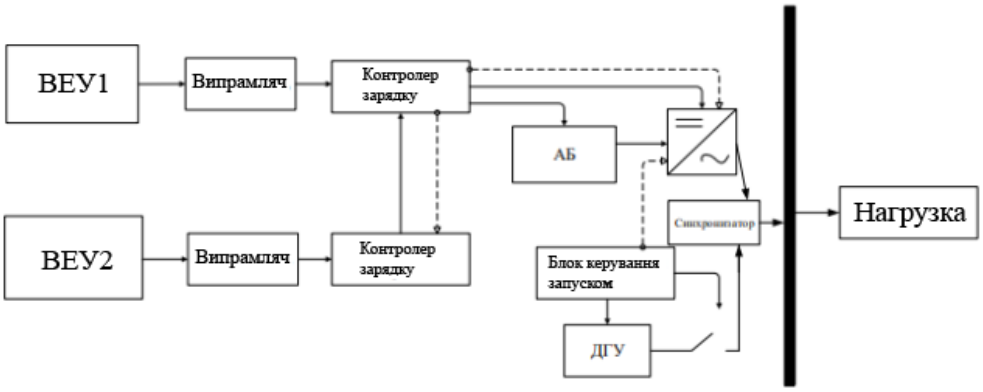


Рисунок 3.1 - Структурна схема для варіанта №1

Принцип роботи даної системи полягає в наступному. Вітрогенератор при обертанні виробляє енергію постійного струму, яка направляється до споживача через інвертор. Залежно від інвертора система може бути однофазної або трифазної.

У разі надлишку енергії, деяка її частина направляється на акумулятори. Акумулятори запасають електричну енергію, яка виявилася зайвою в години максимуму генеруються потужностей і години мінімуму навантаження споживачів.

У разі, коли вироблювана потужність буде переважати над споживаної і акумулятори будуть повністю заряджені в вітрогенераторі, передбачено баластні опори. Однак в даному випадку надлишки енергії будуть витрачатися даремно. Що б використовувати енергію більш раціонально, замість баластного опору можна використовувати корисне навантаження (нагрів води, приміщення, черговий світло).

У разі, коли ж вітрогенератор не виробляє необхідну кількість енергії і акумулятори розряджені, включається дизель-генератор. Він може покривати як якої не вистачає частина потужності, так і повністю покривати її.

Для варіанту №2 обрана схема з з'єднанням елементів енергосистеми на стороні постійного струму. Структурна схема для цього варіанти представлена на рисунку 3.2

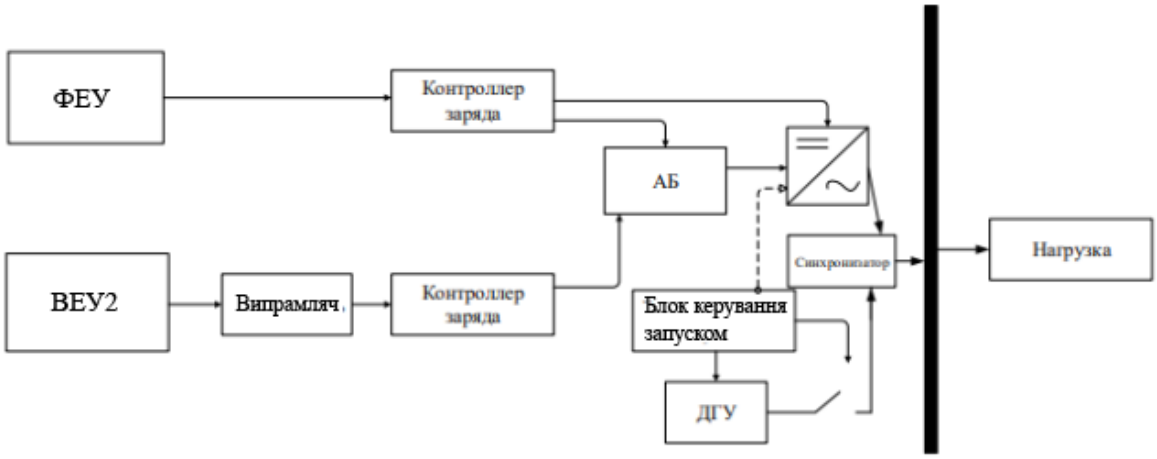


Рисунок 3.2 - Структурна схема для варіанта №2

ДГ включається тоді, коли накопиченої потужності в акумулятора невистачає для забезпечення навантаження. При виборі ДГ необхідно врахувати, щоб він був з електростартером, для його автоматичного запуску по команді блоку управління. Якщо потужності, що виробляється виявиться вище, ніж споживана, а акумулятор заряджений до максимуму, зайву енергію можна на додатковому баластному опорі. Як правило, сонячні модулі та ВЕУ генерують енергію постійного струму на одному напрузі і через контролер заряду заряджають акумуляторні батареї. У періоди максимальних навантажень, коли глибина розрядки акумуляторів досягає граничного значення, автоматично повинен запуститися дизель генератор і забезпечити безперебійне електропостачання електроприймачів. Для перетворення постійного струму в змінний в системі передбачені інвертори.

3.2 Визначення необхідних генеруючих потужностей і підбір обладнання

Вибір намічених раніше варіантів був проведений з урахуванням попереднього розрахунку і визначення необхідної кількості обладнання для зменшення використання дизель-генераторної установки і, отже, зменшення споживання палива.

При виборі обладнання для варіанта 1 будемо грунтуватися на двох сезонах зимовому і весняному. При виборі сонячних панелей на весняний сезон, опираємося на тому, щоб не використовувати ДГУ протягом доби, а при виборі ДГУ на зимовий сезон, коли сонячна активність мінімальна, а навантаження протягом доби максимальна. У літній та осінній сезони буде проведена перевірка працездатності вироблених алгоритмів роботи системи.

Для варіанту 1 в якості сонячних модулів вибиралися модулі ФСМ155М [4]. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.1.

У таблиці 3.5 наведено розрахунок потужності, що генерується сонячними панелями, а також енергії, запасеної в акумуляторах. У таблиці наведено споживана потужність $P_Н$, кВт, потужність, що генерується сонячними панелями $P_c = P_{см} \cdot S \cdot \eta$ кВт. Балансова потужність, $Б = P_c - P_н$, кВт. обрана в варіанті 1 площа сонячних батарей дозволяє в літній і весняний періоди повністю забезпечувати електроенергією котедж без включення ДГУ.

Аналогічно складемо таблиці 3.6 - 3.8 для кожного середнього місяці посезонах.

Таблиця 3.1 - Характеристики сонячної панелі ФСМ 155М

Тип елементів	Монокристалічний кремній (JA Solar)
Число елементів і сполук:	36 шт. (156х156 мм)
Ефективність елементів (ККД):	18%
Максимальна потужність пристандартних умовах (STC), Вт:	155 Вт (+ до 6 Вт)
Номінальна напруга, В:	12
Струм короткого замикання (lsc), А:	8,53
Напруга в точці максимальноїпотужності (Vmp), В:	19
Струм в точці максимальної потужності(Lmp), А:	8,15
Розмір сонячного модуля, мм .:	1476 х 667 х 35
Вага, кг:	12
Температура експлуатації:	від -40 °С до + 85 °С
Максимальна напруга системи:	3000 В постійного струму

Вибираємо інвертор MAP·SIN·PRO·48·18 [5] Інвертор оснащений контролером заряду АКБ.

Таблиця 3.2 - Характеристики інвертора MAP·SIN·PRO·48·18

Максимальна потужність(Режим активного навантаження), кВт	18
Пікова потужність (5 сек), кВт	25
Номінальна потужність, кВт	12
Габарити (ШхГхВ), см	21 × 41 × 56
Маса без упаковки, кг	54,30

Як акумуляторних батарей вибираються акумулятори марки Prosolar-R RA12-200DG [6].

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики гелевою акумуляторної батареї марки Prosolar-R RA12-200DG

Номінальна напруга	12 В
Ємність	200 Ач
Висота з клемами	240 мм
Висота	268 мм
Довжина	520 мм
Ширина	220 мм
Вага	61 кг

Енергія, яку можна запасти в одному акумуляторі, дорівнює:

$$W_A = \frac{0,7 \cdot U \cdot I \cdot t}{1000} = \frac{0,7 \cdot 12 \cdot 200}{1000} = 1,68\ кВт \cdot ч$$

В даному випадку 0,7 - коефіцієнт, що дозволяє врахувати те, що акумулятор розряджається в повному обсязі. З таблиці 3.5 енергія, яку необхідно виробити в години, коли навантаження більше, ніж виробляється сонячними панелями потужність, дорівнює 29,321 кВт·год. Для визначення кількості акумуляторів розділимо цю енергію на енергію, виробляється одним акумулятором, і отримаємо:

$$N = \frac{W}{W_A} = \frac{29,321}{1,68} = 17,45$$

Таким чином, кількість акумуляторів дорівнює 17 штук.

Найбільша потужність навантаження за зимовий (самий навантажений) період P = 8,946кВт. Виберемо дизельну електростанцію енергохолдинг SDMO T16K [7], характеристики якої представлені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Характеристики дизельної електростанції Енерго Холдингу SDMO T16K

Потужність	кВт	12,8
Потужність	кВар	16
Витрати палива	л/ч	3,4
Ємність бака	Л	50
Габаритні розміри, (ДхШхВ)	Мм	1410х720х1050
Обєм двигуна	Кб.см	1758
Тип двигуна		Дизель
Модель		S4L2 SD
Частота обертів	Об/хв	1500
Номінальна потужність кВт	кВт	12
Кількусть і розташування циліндрів		4L
Генератор		Mecc Alte
Модель		ECO3-2L
Напруга	В	400/230
Частота	Гц	50

Для варіанту №2 (таблиці 3.9-3.12) в якості сонячних модулів були обрані ті ж модулі, що і раніше, але тільки площею 50 м^2. Отже, максимальна потужність, яку вони можуть видати знизилася в 3 рази, і їх кількість також зменшилася в 3 рази (50 штук). Була обрана та ж сама ДГУ, так як величина зимового максимуму потужності не змінилася. Однак для даного варіанту відсутні акумуляторні батареї, тобто вся енергія від сонячних панелей відразу йде на живлення навантаження.

Інвертор також вибираємо тієї ж марки і потужності.

Таблиця 3.5 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці зими.

t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
1	0	2.236	-2.236	ДГУ
2	0	2.236	-2.236	ДГУ
3	0	2.236	-2.236	ДГУ
4	0	2.236	-2.236	ДГУ
5	0	2.236	-2.236	ДГУ
6	0	3.131	-3.131	ДГУ
7	0	4.473	-4.473	ДГУ
8	0	5.367	-5.367	ДГУ
9	0	3.578	-3.578	ДГУ
10	0.089	2.683	-2.594	СП/ДГУ
11	3.005	2.683	0.322	СП
12	4.863	3.131	1.732	СП
13	4.865	3.578	1.287	СП
14	3.011	2.683	0.328	СП
15	0.097	2.683	-2.586	СП/ДГУ
16	0	2.683	-2.683	ДГУ
17	0	3.578	-3.578	ДГУ
18	0	6.262	-6.262	ДГУ
19	0	8.946	-8.946	ДГУ
20	0	8.498	-8.498	ДГУ
21	0	6.262	-6.262	ДГУ
22	0	4.473	-4.473	ДГУ
23	0	3.131	-3.131	ДГУ
24	0	2.683	-2.683	ДГУ
Разом -	15.930	91.686	-75.756	-
Енергія при РСВ> Рн	15.743	12.075	3.668	-
Енергія при РСВ <Рн	0.187	79.611	-79.424	-

Таблиця 3.6 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці весни

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	1.789	-1.789	АБ
	2	0	1.789	-1.789	АБ
	3	0	1.789	-1.789	АБ
	4	0	1.789	-1.789	АБ
	5	0	1.789	-1.588	АБ
	6	2.394	2.504	-0.110	АБ/СП
	7	4.684	3.22	1.464	СП
	8	6.769	3.578	3.191	СП
	9	8.559	2.862	5.697	СП
	10	9.975	2.146	7.829	СП
	11	10.956	2.146	8.810	СП
	12	11.458	2.504	8.954	СП
	13	11.460	2.862	8.598	СП
	14	10.961	2.146	8.815	СП
	15	9.984	2.146	7.838	СП
	16	8.571	2.146	6.425	СП
	17	6.784	2.146	4.638	СП
	18	4.701	2.862	1.839	СП
	19	2.412	3.578	-1.166	АБ/СП
	20	0	5.009	-4.991	АБ
	21	0	7.156	-7.156	АБ
	22	0	1.431	-1.431	АБ
	23	0	3.578	-3.578	АБ
	24	0	2.146	-2.146	АБ
Разом	-	109.890	65.111	44.779	-
Енергія при РСВ> Рн		104.864	30.764	74.100	-
Енергія при РСВ <Рн		5.026	34.347	-29.321	-

Таблиця 3.7 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці літо

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	1.252	-1.252	АБ
	2	0.187	1.252	-1.065	АБ/СП
	3	1.594	1.252	0.342	СП
	4	3.152	1.252	1.900	СП
	5	4.640	1.565	3.075	СП
	6	6.025	1.878	4.147	СП
	7	7.275	2.504	4.771	СП
	8	8.363	2.817	5.546	СП
	9	9.264	2.504	6.760	СП
	10	9.959	2.817	7.142	СП
	11	10.431	2.504	7.927	СП
	12	10.671	1.878	8.793	СП
	13	10.673	1.878	8.795	СП
	14	10.436	1.878	8.558	СП
	15	9.967	2.191	7.776	СП
	16	9.276	1.878	7.398	СП
	17	8.377	1.878	6.499	СП
	18	7.292	1.878	5.414	СП
	19	6.044	2.191	3.853	СП
	20	4.661	2.504	2.157	СП
	21	3.174	4.383	-1.209	АБ/СП
	22	1.616	6.262	-4.646	АБ/СП
	23	0.023	3.757	-3.734	АБ/СП
	24	0	1.565	-1.565	АБ
Разом	-	143.100	55.718	87.382	-
Енергія при РСВ> Рн		138.100	37.247	100.853	-
Енергія при РСВ <Рн		5.000	18.471	-13.471	-

Таблиця 3.8 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці осені

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	2.012	-2.012	ДГУ
	2	0	2.012	-2.012	ДГУ
	3	0	2.012	-2.012	ДГУ
	4	0	2.012	-2.012	ДГУ
	5	0	2.012	-2.012	ДГУ
	6	0	2.817	-2.817	ДГУ
	7	0.064	3.622	-3.558	СП/ДГУ
	8	1.132	4.428	-3.296	СП/ДГУ
	9	2.153	3.22	-1.067	СП/ДГУ
	10	2.964	2.415	0.549	СП
	11	3.485	2.415	1.070	СП
	12	3.665	2.817	0.848	СП
	13	3.487	3.22	0.267	СП
	14	2.968	2.415	0.553	СП
	15	2.158	2.415	-0.257	СП/ДГУ
	16	1.138	2.415	-1.277	СП/ДГУ
	17	0.006	2.415	-2.409	СП/ДГУ
	18	0	3.22	-3.220	ДГУ
	19	0	5.635	-5.635	ДГУ
	20	0	8.051	-8.051	ДГУ
	21	0	6.843	-6.843	ДГУ
	22	0	4.83	-4.830	ДГУ
	23	0	3.22	-3.220	ДГУ
	24	0	2.415	-2.415	ДГУ
Разом	-	23.220	78.888	-55.668	-
Енергія при РСВ> Рн		16.569	13.282	3.287	-
Енергія при РСВ <Рн		6.651	65.606	-58.955	-

Таблиця 3.9 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці зими

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	2.236	-2.236	ДГУ
	2	0	2.236	-2.236	ДГУ
	3	0	2.236	-2.236	ДГУ
	4	0	2.236	-2.236	ДГУ
	5	0	2.236	-2.236	ДГУ
	6	0	3.131	-3.131	ДГУ
	7	0	4.473	-4.473	ДГУ
	8	0	5.367	-5.367	ДГУ
	9	0	3.578	-3.578	ДГУ
	10	0.030	2.683	-2.653	СП/ДГУ
	11	1.002	2.683	-1.681	СП/ДГУ
	12	1.621	3.131	-1.510	СП/ДГУ
	13	1.622	3.578	-1.956	СП/ДГУ
	14	1.004	2.683	-1.679	СП/ДГУ
	15	0.032	2.683	-2.651	СП/ДГУ
	16	0	2.683	-2.683	ДГУ
	17	0	3.578	-3.578	ДГУ
	18	0	6.262	-6.262	ДГУ
	19	0	8.946	-8.946	ДГУ
	20	0	8.498	-8.498	ДГУ
	21	0	6.262	-6.262	ДГУ
	22	0	4.473	-4.473	ДГУ
	23	0	3.131	-3.131	ДГУ
	24	0	2.683	-2.683	ДГУ
Разом	-	5.310	91.686	-86.376	-

Таблиця 3.10 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці весни

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	1.789	-1.789	ДГУ
	2	0	1.789	-1.789	ДГУ
	3	0	1.789	-1.789	ДГУ
	4	0	1.789	-1.789	ДГУ
	5	0	1.789	-1.722	ДГУ
	6	0.798	2.504	-1.706	СП/ДГУ
	7	1.561	3.22	-1.659	СП/ДГУ
	8	2.256	3.578	-1.322	СП/ДГУ
	9	2.853	2.862	-0.009	СП/ДГУ
	10	3.325	2.146	1.179	СП
	11	3.652	2.146	1.506	СП
	12	3.819	2.504	1.315	СП
	13	3.820	2.862	0.958	СП
	14	3.654	2.146	1.508	СП
	15	3.328	2.146	1.182	СП
	16	2.857	2.146	0.711	СП
	17	2.261	2.146	0.115	СП
	18	1.567	2.862	-1.295	СП/ДГУ
	19	0.804	3.578	-2.774	СП/ДГУ
	20	0	5.009	-5.003	ДГУ
	21	0	7.156	-7.156	ДГУ
	22	0	1.431	-1.431	ДГУ
	23	0	3.578	-3.578	ДГУ
	24	0	2.146	-2.146	ДГУ
Разом	-	36.630	65.111	-32.672	-

Таблиця 3.11 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці літо

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт	Б, кВт	Пристрій
	1	0	1.252	-1.252	ДГУ
	2	0.062	1.252	-1.190	СП/ДГУ
	3	0.531	1.252	-0.721	СП/ДГУ
	4	1.051	1.252	-0.201	СП/ДГУ
	5	1.547	1.565	-0.018	СП/ДГУ
	6	2.008	1.878	0.130	СП/ДГУ
	7	2.425	2.504	-0.079	СП/ДГУ
	8	2.788	2.817	-0.029	СП/ДГУ
	9	3.088	2.504	0.584	СП
	10	3.320	2.817	0.503	СП
	11	3.477	2.504	0.973	СП
	12	3.557	1.878	1.679	СП
	13	3.558	1.878	1.680	СП
	14	3.479	1.878	1.601	СП
	15	3.322	2.191	1.131	СП
	16	3.092	1.878	1.214	СП
	17	2.792	1.878	0.914	СП
	18	2.431	1.878	0.553	СП
	19	2.015	2.191	-0.176	СП/ДГУ
	20	1.554	2.504	-0.950	СП/ДГУ
	21	1.058	4.383	-3.325	СП/ДГУ
	22	0.539	6.262	-5.723	СП/ДГУ
	23	0.008	3.757	-3.749	СП/ДГУ
	24	0	1.565	-1.565	ДГУ
Разом	-	47.700	55.718	-16.804	-

Таблиця 3.12 - Баланс потужності для середніх діб середнього місяці осені

	t, ч	P_c, кВт	$P_н$, кВт/ч	Б, кВт	Пристрій
	1	0	2.012	-2.012	ДГУ
	2	0	2.012	-2.012	ДГУ
	3	0	2.012	-2.012	ДГУ
	4	0	2.012	-2.012	ДГУ
	5	0	2.012	-2.012	ДГУ
	6	0	2.817	-2.817	ДГУ
	7	0.021	3.622	-3.601	СП/ДГУ
	8	0.377	4.428	-4.051	СП/ДГУ
	9	0.718	3.22	-2.502	СП/ДГУ
	10	0.988	2.415	-1.427	СП/ДГУ
	11	1.162	2.415	-1.253	СП/ДГУ
	12	1.222	2.817	-1.595	СП/ДГУ
	13	1.162	3.22	-2.058	СП/ДГУ
	14	0.989	2.415	-1.426	СП/ДГУ
	15	0.719	2.415	-1.696	СП/ДГУ
	16	0.379	2.415	-2.036	СП/ДГУ
	17	0.002	2.415	-2.413	СП/ДГУ
	18	0	3.22	-3.220	ДГУ
	19	0	5.635	-5.635	ДГУ
	20	0	8.051	-8.051	ДГУ
	21	0	6.843	-6.843	ДГУ
	22	0	4.83	-4.830	ДГУ
	23	0	3.22	-3.220	ДГУ
	24	0	2.415	-2.415	ДГУ
Разом	-	7.740	78.888	-71.148	-

3.3 Модель вітрогенератора в програмі matlab / simulink

Моделювання в програмі Matlab / Simulink. Будував імітаційну модель вітрогенератора. Структура моделі приведена на малюнку 3.3.

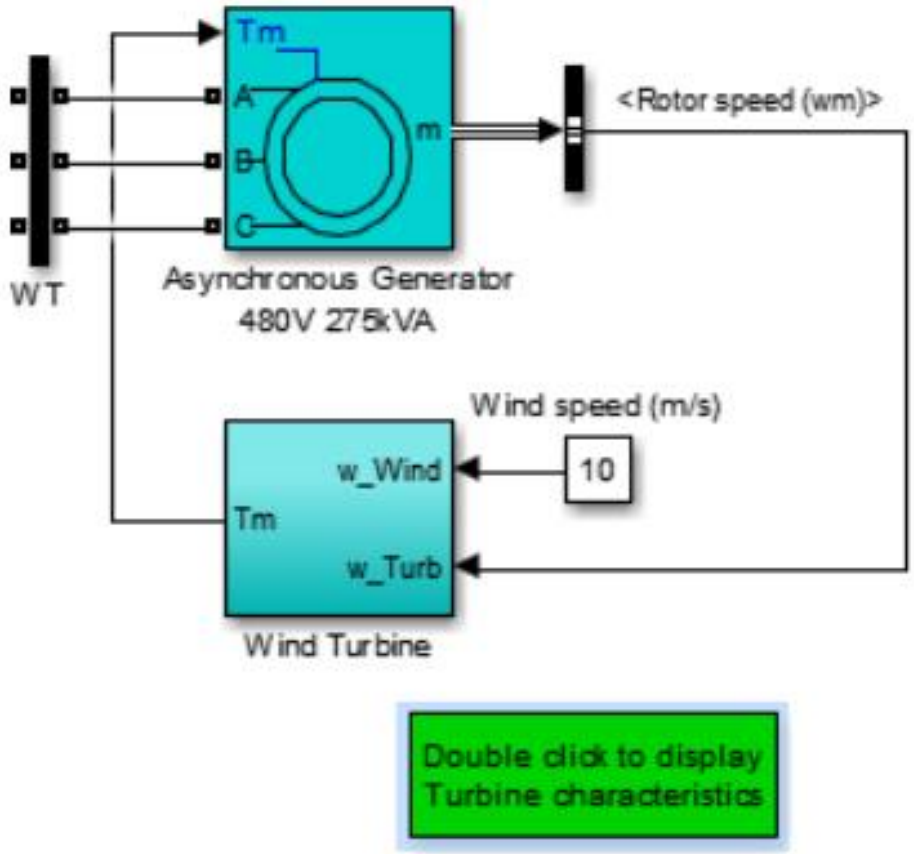


Рисунок 3.3 - Структурна схема вітрогенератора

Даний вітрогенератор представлений у вигляді універсальної моделі. Дана модель складається з асинхронної машини і блоку для створення крутного моменту, що представляє собою механічну складову вітрогенератора (блок Wind turbine, представлений на рисунку 3.4.).

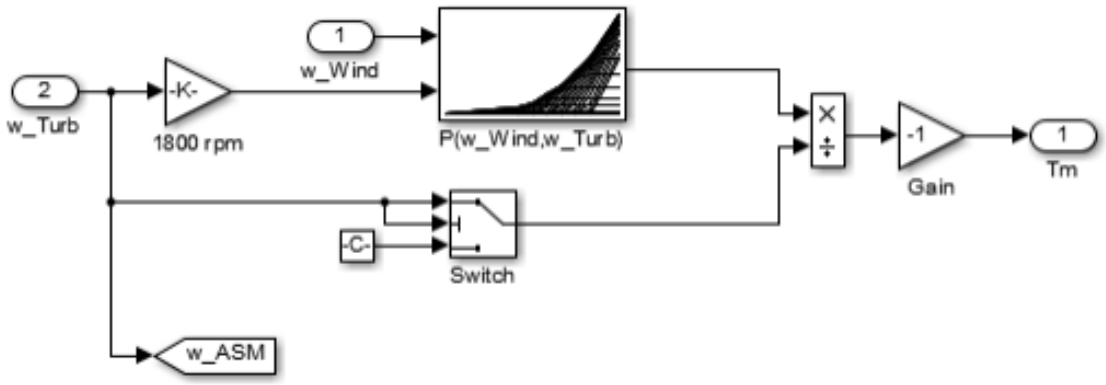


Рисунок 3.4 - Блок моделі вітрогенератора

Якщо змінювати параметр в процесі моделювання: швидкість вітру«Wind speed», то буде відбуватися зміна видачі вітрогенартором активної потужності. На рисунку 3.5. представлена модель енергосистеми (ЕС), з впровадженням в неї вітрогенератора. Сценарій моделювання буде наступний: в енергосистему, що складається з навантаження, генератора (шина нескінченної потужності), трансформатора, довгою ЛЕП (20км), буде підключатися вітрогенератор для подальшого його дослідження. Буде розглянуто його здатність видавати активну потужність в мережу і можливість відновлюватися після КЗ, як поблизу вітрогенератора, так і при віддаленому КЗ.

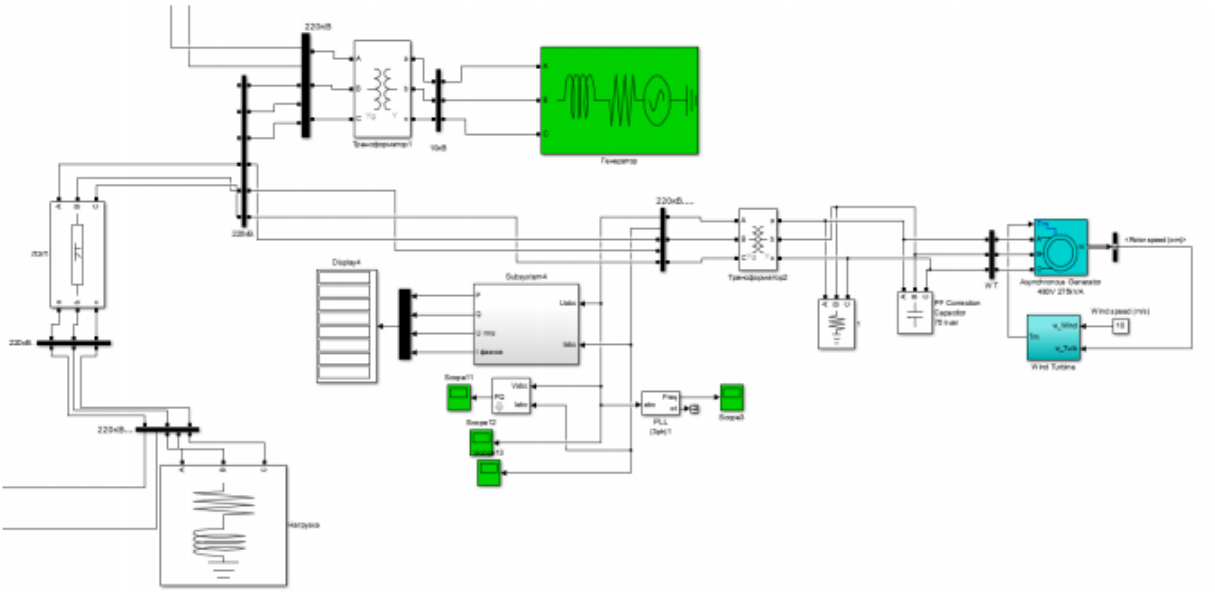


Рисунок 3.5 - Модель ЕС

Сценарій 1. Виконаємо моделювання усталеного режиму і простежимо за характером поведінки вітрогенератора в енергосистемі. Завдання полягає в забезпечення навантаження потужністю рівної 4,1 МВт. Контрольовані параметри, частота мережі, активна потужність навантаження, видача активної потужності вітрогенератора, швидкість обертання асинхронної машини рівень напруги навантаження.

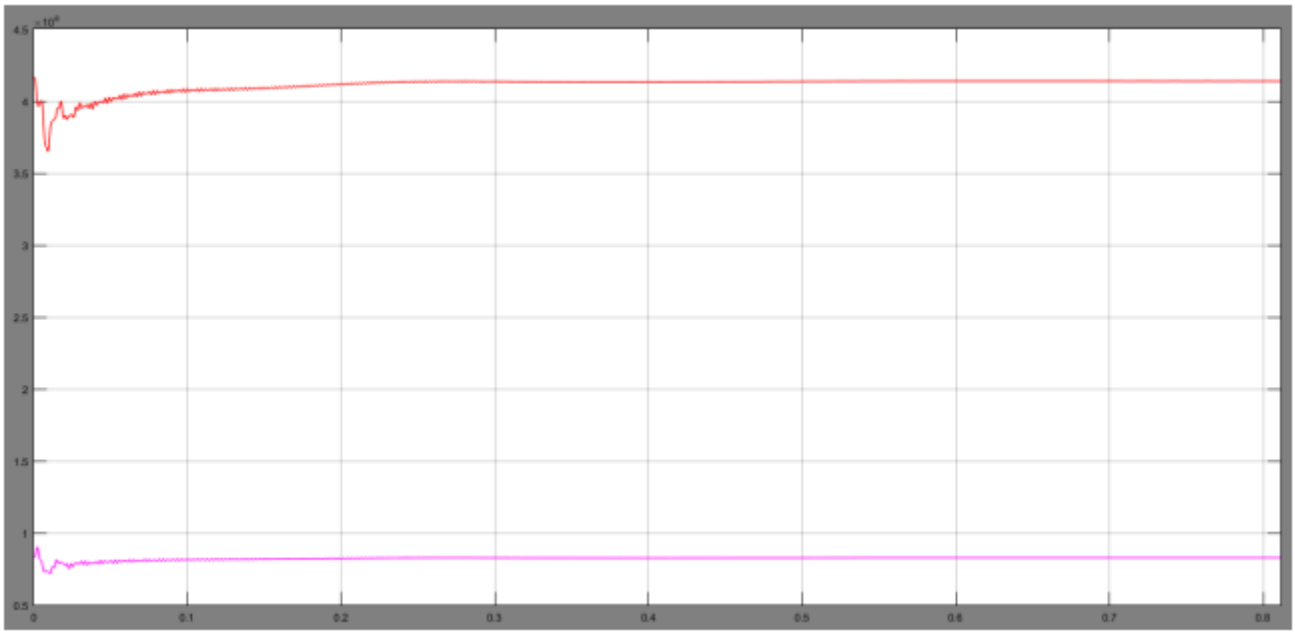


Рисунок 3.6 - Осцилограма активної і реактивної потужності навантаження

Осцилограма активної потужності показує, що навантаження споживає необхідну потужність дорівнює 4,1 МВт.

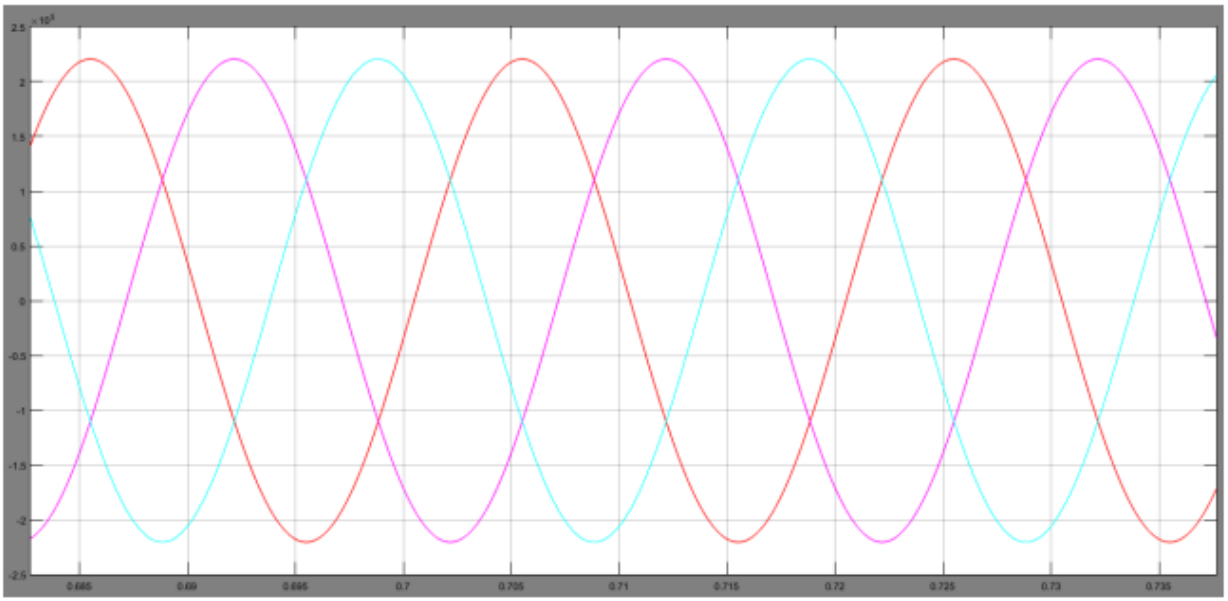


Рисунок 3.7 - Осцилограма напруги мережі

Осцилограма напруги мережі показує, що напруга має синусоїдальний характер, коливань напруги не спостерігається.

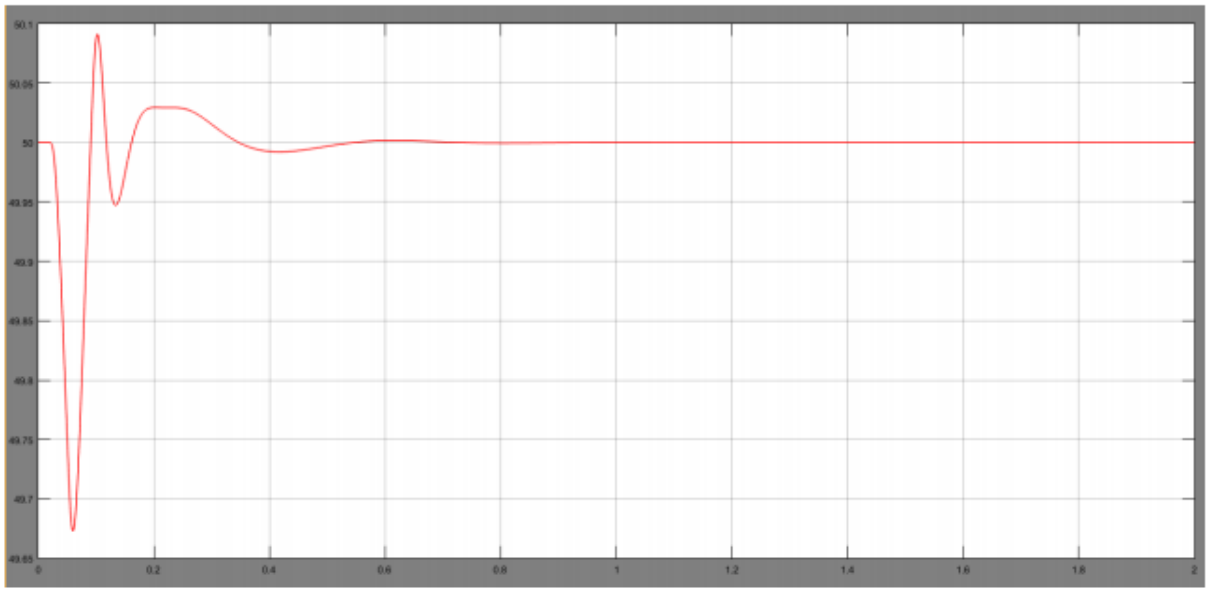


Рисунок 3.8 - Осцилограма частоти мережі

У початковий момент часу моделювання спостерігаються осциляції, які вносить в мережу генератор під час його запуску, через 0,4 секунди коливання загасають.

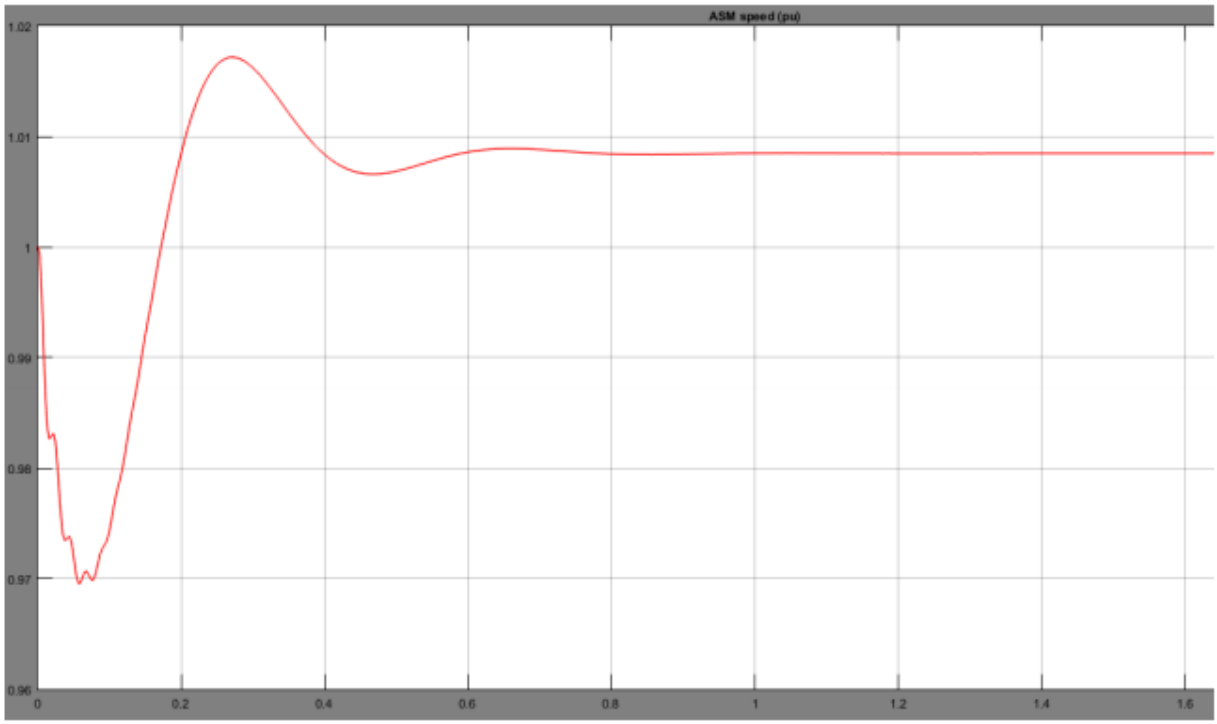


Рисунок 3.9 - Осцилограма швидкості обертання двигуна

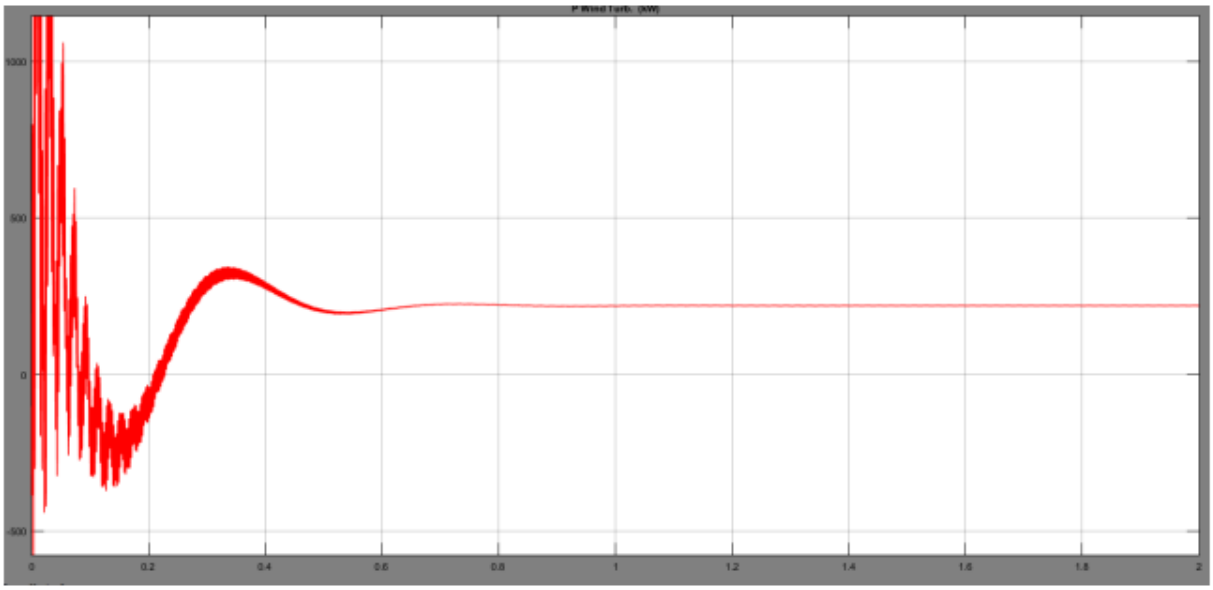


Рисунок 3.10 - Осцилограма активної потужності вітроустановки

За отриманими даними можна зробити висновок, що режим усталений, навантаження споживає задані 4,1 Мвт активної потужності(Рисунок 3.6.). На рисунку 3.8. показана частота енергомережі рівна 50 Гц, в момент запуску моделювання спостерігаються осциляції, в момент часу 0,4 секунди коливання

загасають. Осцилограма активної потужності вітроустановки (рисунок 3.10.) показує, що вітроустановка видає в мережу 250 кВт активної потужності.

Сценарій 2. Виконаємо моделювання КЗ поблизу вітрогенератора, блок для моделювання КЗ представлений на рисунку 3.11 і 3.12., це стандартний блок пакета Simulink. Так само простежимо за характером поведінки вітрогенератора в енергосистемі при КЗ. КЗ відбувається в момент часу 0,8 секунд, в момент часу 0,9 відбувається спрацьовування РЗ і включення зв'язкув 0,9 секунд. Контрольовані параметри, частота мережі, активна потужність навантаження, видача активної потужності вітрогенератора, швидкість обертання асинхронної машини рівень напруги навантаження.

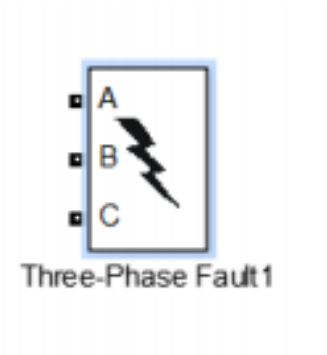


Рисунок 3.11 - Блок для моделювання короткого замикання

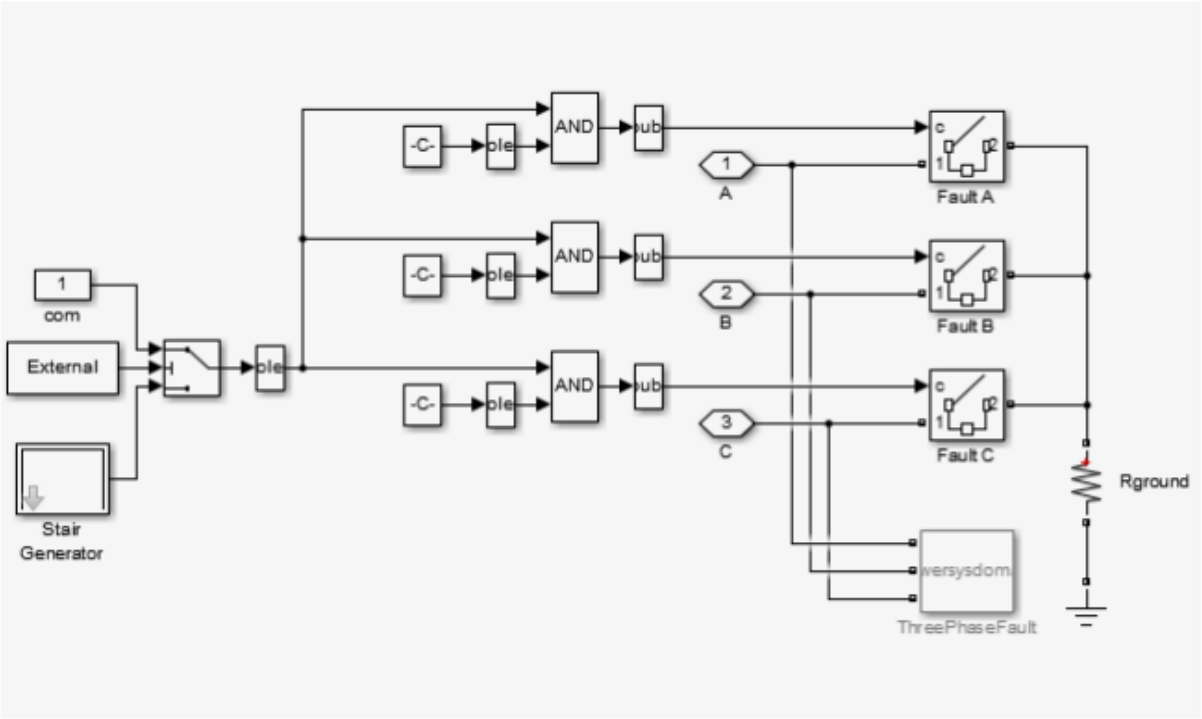


Рисунок 3.12 - Блок для моделювання короткого замикання

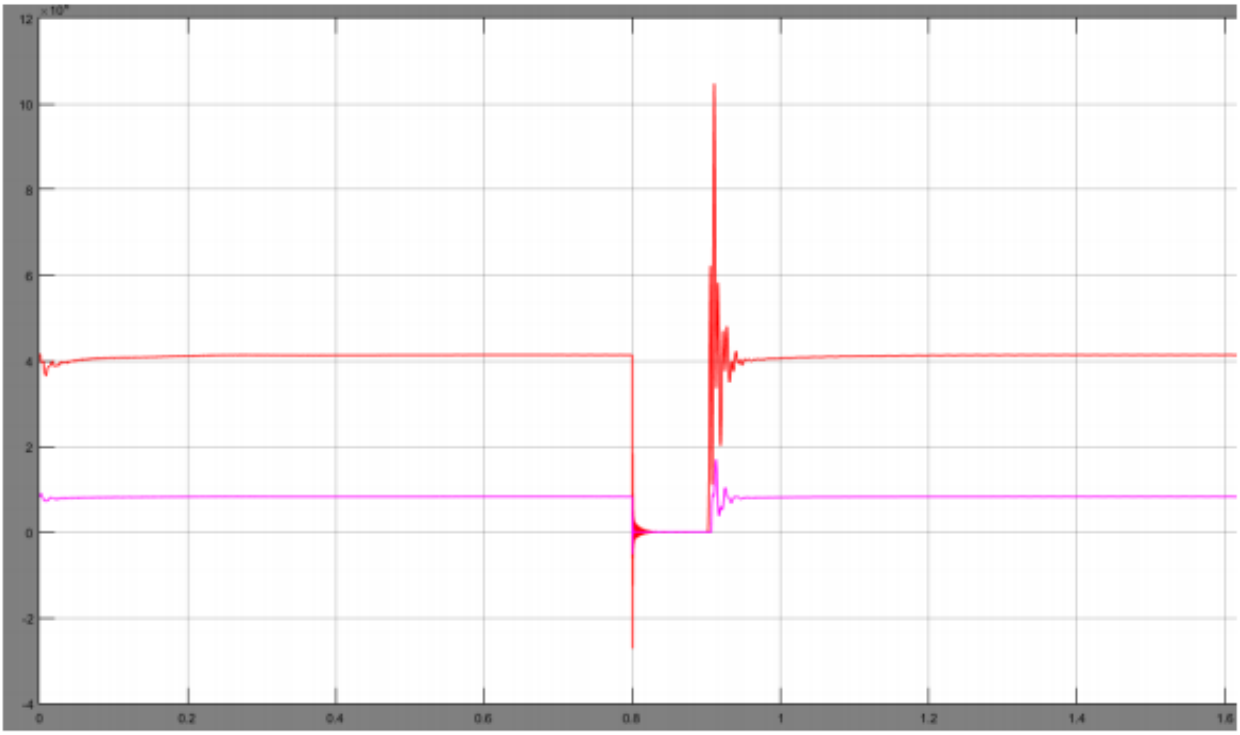


Рисунок 3.13 - Осцилограма активної і реактивної потужності навантаження

Осцилограма активної потужності показує, що навантаження споживає необхідну потужність дорівнює 4,1 МВт. У момент КЗ (0,8 секунд) спостерігається просадка по активної та реактивної потужності, в момент часу включення зв'язку (0,9 секунд), відновлення живлення і повертається до необхідного рівня.

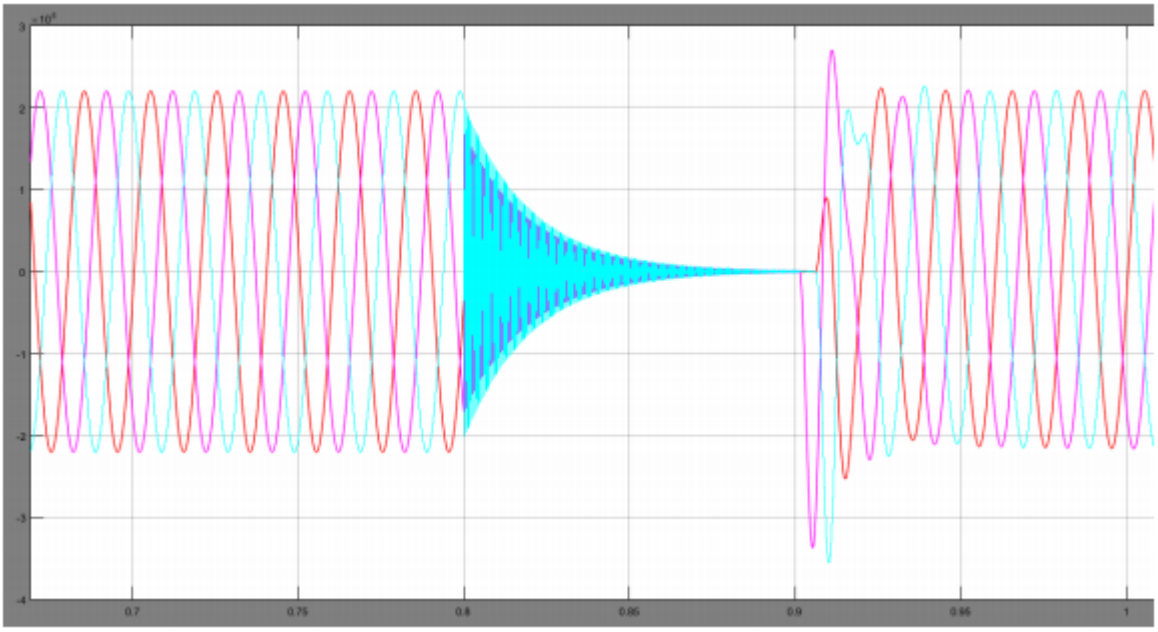


Рисунок 3.14 - Осцилограма напруги мережі

Осцилограма напруги мережі показує, що напруга має синусоїдальний характер, коливань напруги не спостерігається. У момент КЗ спостерігається просадка напруги, після відновлення зв'язку, напруга спадає на початковий стан.

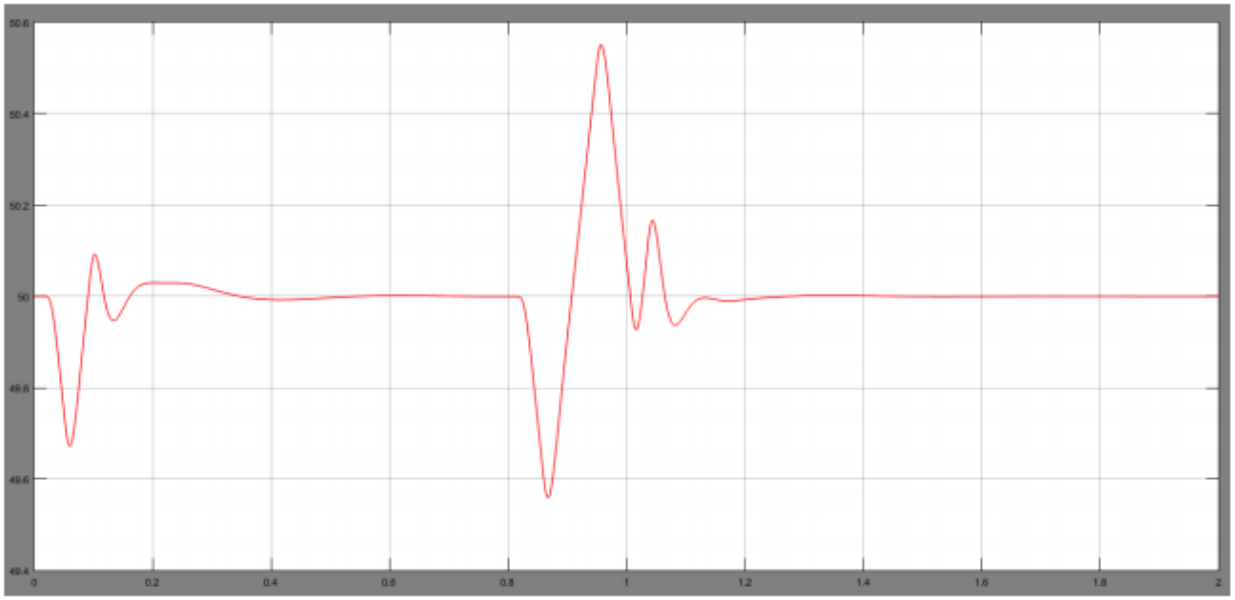


Рисунок 3.15 - Осцилограма частоти мережі

У момент КЗ (0,8 секунд) спостерігається відхилення частоти від номінальної на 0,5 Гц, після відновлення зв'язку частота повертається в початковий стан.

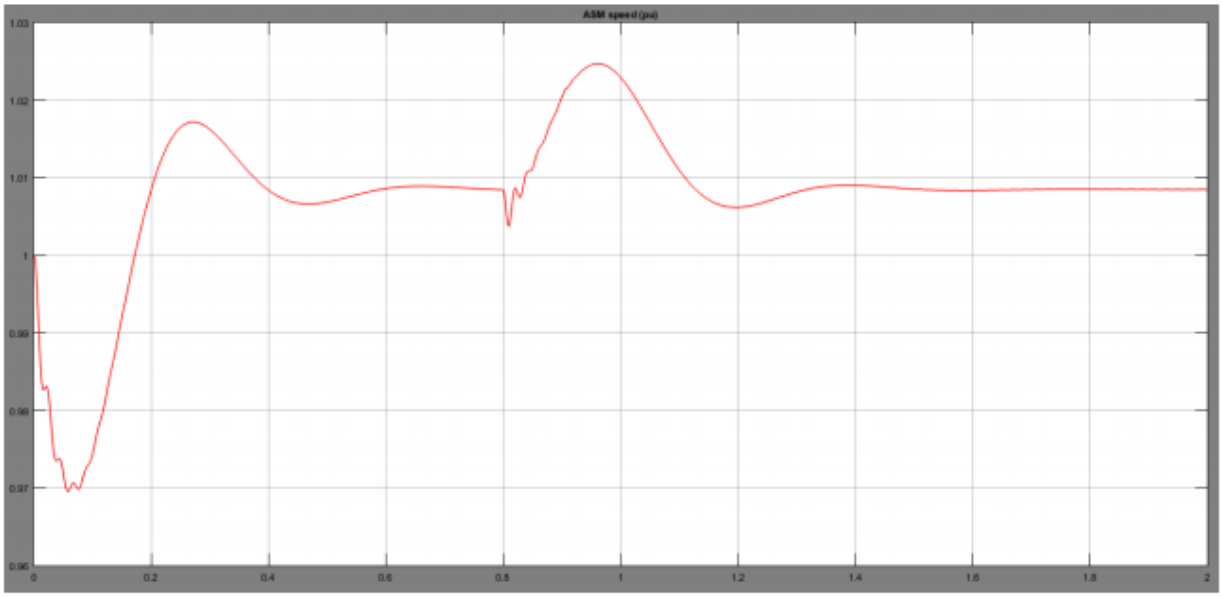


Рисунок 3.16 - Осцилограма швидкості обертання двигуна

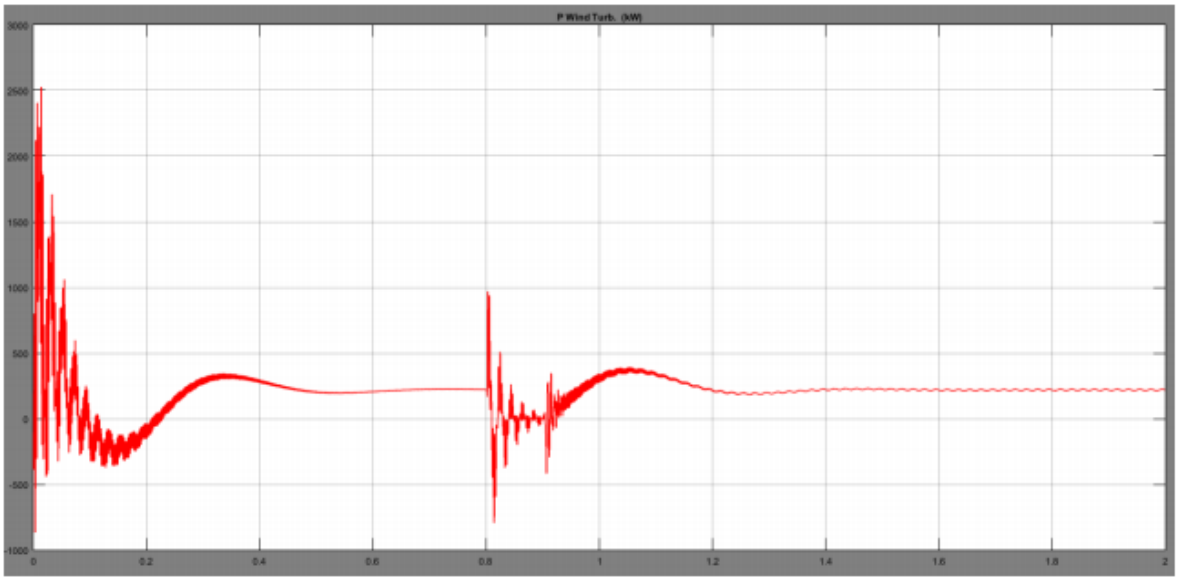


Рисунок 3.17 - Осцилограма активної потужності вітроустановки

На підставу отриманих даних, можна стверджувати, що навантаження споживає необхідні 4,1 МВт активної потужності (рисунок 3.13.). На рисунку 3.15. показана частота енергомережі рівна 50 Гц, в момент запуску моделювання

спостерігаються осциляції, так само в момент КЗ спостерігаються відхилення частоти Осцилограма активної потужності вітроустановки (Рисунок 3.17.) Показує, що вітроустановка видає в мережу 250 кВт активної потужності, в момент КЗ спостерігаються коливання активної потужності, після відновлення зв'язку процес приходить в задовільний стан. В результаті моделювання можна зробити висновок, що математична модель вітроустановки працює коректно, другий досвід показав динамічну стійкість вітрогенератора.

3.4 Висновок до розділу

Були проаналізовані два можливих джерела відновлюваної енергії, вітер і сонце. Аналізу піддалися статистичні маси виданих з анемометричних станцій, встановлених в передбачуваному місці розташування, і дані NASA. Розраховані основні параметри обох джерел.

Проведено розрахунок навантаження туристичної бази з урахуванням специфіки роботи об'єкта. Розраховані графіки навантаження.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж

До обслуговування електрообладнання допускаються особи не молодше 18 років, які не мають медичних протипоказань, що заважають виконанню робіт, що отримали вступний і первинний інструктажі на робочому місці, виробниче навчання, перевірку знань.

Електромонтер повинен знати схему електропостачання об’єктів виробництва, повинен мати навички прийомів технічних методів обслуговування електроустановок. Він забезпечується усіма засобами індивідуального захисту та спецодягом. Інструменти і засоби захисту повинні бути випробувані, справні та використовуються за призначенням [13, с. 76].

При експлуатації діючих електроустановок застосовують електрозахисті засоби та запобіжні пристосування. Ручне включення і відключення устаткування напругою понад 1000 В необхідно виконувати в діелектричних рукавичках, колошах або на килимку. Відключення виконують таким чином: відключають роз’єднувачі, знімають плавкі вставки запобіжників, від’єднують привод мережі. Після вивішування плаката перевіряють відсутність напруги на відключеній ділянці мережі. В оперативному журналі роблять запис про відключення. Включення проводять тільки після відмітки в журналі про закінчення робіт із зазначенням відповідальної особи.

Безпека виконання забезпечується також організаційними заходами. До них відноситься оформлення роботи нарядів, оформлення допуску до роботи, нагляд під час виконання роботи.

Наряд є письмовим дозволом на роботу в електроустановках, що визначає місце, час, початок і закінчення робіт; умови безпечного його проведення, склад бригади та осіб, відповідальних за безпеку. Без наряду по усному чи письмовому розпорядження, але з обов'язковим записом в журналі можуть виконуватися такі роботи, як прибирання приміщень до огородження електрообладнання, чистка кожухів, доливка масла в підшипники, догляд за колекторами, контактними кільцями, щітками, заміна запобіжників. При роботі з електроустановками напругою до 1000 В без зняття напруги необхідно: захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмовідні частини, що знаходяться під напругою, до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій підставці, або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент з ізолюючими рукоятками (у викруток, крім того, повинен бути ізольований стрижень), за відсутності такого інструменту користуватися діелектричними рукавичками.

При виконанні робіт без зняття напруги на струмовідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за рукоятки до обмежувального кільця; розташовувати ізолюючі частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмоведучими частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям.

При виявленні порушення лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту користування ними має бути негайно припинене.

Щозмінні огляди електрообладнання та мереж повинен проводити черговий електромонтер. При огляді слід звертати увагу на наступне: відсутність змін стану електрообладнання при його функціонуванні; ступінь корозії, фарбування труб, кріпильних елементів; справність вводів проводів та кабелів в електроустаткування; справність заземлюючих пристроїв; наявність попереджувальних плакатів та знаків маркування на вибухонебезпечному електрообладнанні; наявність всіх передбачених конструкцією болтів, що

кріплять елементи оболонки (вони повинні бути добре затягнуті); потрапляння на електрообладнання бризок, крапель і пилу.

При виявленні ненормальної роботи силового трансформатора черговий електромонтер повинен вивести його з роботи з обов'язковим дотриманням усіх заходів особистої безпеки, використовуючи необхідні засоби індивідуального захисту. Таке відключення проводиться при: сильному нерівномірному шумі і потріскування всередині трансформатора; ненормальному і постійно зростаючому нагріванні трансформатора при номінальному навантаженні і роботі пристроїв охолодження; викид масла з розширювача або розриві діафрагми вихлопної труби; течі масла з пониженням його рівня нижче мінімально допустимого.

При цьому робиться запис в оперативному журналі і повідомляється відповідальному за електрогосподарство.

Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів вимагають проводити регулярні огляди та ремонт електромереж, а також вимірювання опору та ізоляції.

4.2 Дослідження стійкості роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі

Під стійкістю роботи об'єктів електротехнічної і світлотехнічної галузі розуміють його спроможність в умовах надзвичайної ситуації випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні середніх руйнувань або порушенні зв'язків з кооперації та поставок відновлювати виробництво у мінімальні терміни.

Під стійкістю роботи об'єктів, які безпосередньо не виробляють матеріальні цінності розуміють їх спроможність виконувати свої функції в умовах НС.

На стійкість роботи об'єктів електротехнічної та світлотехнічної галузі в умовах НС впливають наступні фактори:

– надійність захисту робітників та службовців;

– спроможність інженерно-технічного комплексу об’єкта протистояти у визначеному ступеню уражаючих факторів стихійного лиха, аварій, катастроф та сучасних видів зброї;

– захищеність об’єкта від вторинних уражаючих факторів (пожеж, вибухів, зараження отруйними речовинами);

– надійність системи забезпечення об’єкта всім необхідним для виробництва (сировиною, паливом, комплектуючими вузлами і деталями, електроенергією, водою, газом та іншим);

– стійкість та безперервність управління виробництвом та ЦО;

– підготовленість об’єкта до ведення РіНР та робіт щодо порушеного виробництва.

Захист робітників та службовців досягається чотирма основними способами:

– укриття людей в захисних спорудах;

– проведення евакозаходів;

– радіаційно-хімічний захист;

– медичний і біологічний захист.

Надійно захистити виробничий персонал об’єкта можливо лише при комплексному використанні усіх основних способів захисту.

Захист виробничих фондів полягає у підвищенні протидії будинків, споруд і конструкції об’єкта до уражаючих факторів та захисті технологічного обладнання, верстатів, систем і комунікацій та інших засобів, що формують основу виробничого процесу.

Створення надійних систем електро-, водо- та теплозабезпечення об’єктів:

а) підвищення стійкості електрозабезпечення:

– розподіл схеми електромереж на незалежно працюючі частини;

– закільцювання електромереж та підключення їх до декількох джерел енергозабезпечення;

– створення резерву дизельних електростанцій;

б) підвищення стійкості систем водопостачання:

– водопостачання від двох незалежних джерел, одне з яких підземне;

– захист вододжерел та резервуарів чистої води;

– створення обвідних (байпасних) ліній навколо водонапірних веж;

в) підвищення стійкості систем газо, тепло- та паливо- забезпечення:

– розподільні газопроводи робити підземними та передбачати їх кільцювання;

– газорозподільні станції та опорні пункти обвідних газопроводів передбачати в підземному варіанті;

– встановлювати в основних вузлових точках систем автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацьовують при аваріях.

Підвищення протипожежної стійкості:

– максимальне скорочення запасів палива та вибухонебезпечних речовин;

– проведення профілактичних протипожежних заходів;

– підготовка сил і засобів пожежогасіння.

Створення стійкості системи матеріально-технічного постачання. На об’єктах електротехнічної і світлотехнічної галузі створюють запаси сировини, палива, комплектуючих вузлів і деталей, обладнання, які дозволяють продовжувати роботу на випадок дезорганізації постачання.

Створення стійкості системи управління:

– підготовка ПУ (захищених);

– забезпечення ПУ засобами зв’язку;

– використання автоматизованої системи управління. Підготовка до прискореного (негайного) відновлення порушеного виробництва;

– розробка необхідної технічної та технологічної документації;

– створення запасів матеріальних засобів для встановлення робіт;

– розробка розрахунків сил і засобів для відновлюючих робіт;

– визначення вірогідної черговості робіт по відновленню виробництва з урахуванням наявних ресурсів та місцевих умов.

Крім того, на стійкість роботи підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі буде впливати наявність підготовленої робочої сили.

Підвищення надійності та оперативності управління виробництвом:

– створення на об’єкті стійкої системи зв’язку;

– висока підготовка керівного складу;

– своєчасне прийнятті вірних рішень та постановка завдань підлеглим у відповідності до обстановки, що склалася.

Підвищення стійкості роботи об’єкта електротехнічної та світлотехнічної галузі досягається завчасним проведення комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих факторів і створення умов для ліквідації наслідків НС.

Інженерно-технічні заходи – це комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будинків і споруд, обладнання, комунально-енергетичних, систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи об’єкті шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє спрощенню виробництва продукції та усуває можливість виникнення вторинних уражаючих факторів.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного командно-начальницького складу штабу, служб і формування ЦО при захист робітників і службовців, проведенні РіНР, відновленні виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розглянуто і спроектовано систему електропостачання бази відпочинку.

Були проаналізовані два можливих джерела відновлюваної енергії, вітер і сонце. Аналізу піддалися статистичні маси виданих з анемометричних станцій, встановлених в передбачуваному місці розташування, і дані NASA. Розраховані основні параметри обох джерел.

Проведено розрахунок навантаження туристичної бази з урахуванням специфіки роботи об'єкта. Розраховані графіки навантаження.

На підставі графіків навантаження і енергетичних параметрів поновлюваних джерел були складені енергетичні баланси. На підставі балансів і економічних розрахунків був обраний сонячне джерело енергії як основний.

В якості основного енергетичного обладнання було обрано сонячна панель марки ФСМ 155М і з інвертор MAP·SIN·PRO·48·18. З огляду на специфіку роботи мережевого інвертора була розроблена схема електричного приєднання до основної системи електропостачання.

В цілому, в даному регіоні не сильно високий потенціал поновлюваних джерел енергії. Однак, використання новітнього і високоефективного обладнання, дозволяє використовувати альтернативну енергетику в цьому районі. Спроектована система електропостачання наочно це демонструє.

В ході виконання роботи було зроблено вибір енергетичного устаткування. На підставі енергетичних і економічних показників вибрано найбільш ефективні джерела енергії.

Результати даної роботи можуть бути використані при проектуванні реального енергетичного об'єкта в даному регіоні, при капітальному будівництві, а також впроваджені в систему автоматизованого проектування (САПР).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lukutin B.V., Shandarova E.B., Makarova, A.F, Shartsman, I.B. *Effect of Distributed Photovoltaic Generation on the Voltage Magnitude in a Self-Contained Power Supply System*. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Tomsk, 2016. Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/34882/1/dx.doi.org-10.1088-1757-899X-127-1-012005.pdf

2. Germany: CIGRE [Електронний ресурс]. Режим доступа: http://www.cigre.org/var/cigre/storage/original/application/85930102220abc8342ca5fe76c20adf2.pdf

3. Rajsky F., Donison M.P. *Comparison of transmission and distribution systems in the Czech Republic and Spain*. In RE&PQJ. Pilsen, 2013. Режим доступа: http://www.icrepq.com/icrepq-08/339-rajsky.pdf

4. Connecting Possibilities: Scenarios for Optimizing Energy Systems [Електронний ресурс]. Режим доступа: https://www.energy.siemens.com/ru/pool/hq/energy-topics/tradeshows/wec-2013/newsroom/Abstract-Siemens-StudyConnecting-Possibilities-EN.pdf

5. Electricity production: Enerdata [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html [Дата обращения: 08.08.2018]

6. Энергоснабжение, 2012. Тенденции развития распределенной генерации [Електронний ресурс]. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5371

7. Солнечная энергетика. Аналитика, 2011. Солнечная энергетика: перспективы в мире и состояние в России. [Електронний ресурс]. Режим доступа: http://www.energy-fresh.ru/solarenergy/analitics/?id=1931

8. Елистратов В.В., Конишев М.А. *Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности*. – Москва, 2013. Режим доступа: http://www.reenfor.org/upload/files/2fd4e95799ef5e6166f9baebdee99a5.pdf

9. Николаев Н.Г. [Докторская диссертація]. *Ресурсное и техникоэкономическое обоснование широкомасштабного развития ветроэнергетики в России*. Москва, 2011. Режим доступа: http://old.rgo.ru/wpcontent/uploads/2011/1 2/VEU-methodology.pdf

10. Рымаренко К.В. *Многофазная рашодометрия*. Schlumberger, 2011. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=16330251

11. Головщиков В.О, Рудаков О.А. *Возобновляемые источники энергии в Иркутской области: состояние, барьеры и перспективы их преодоления*. В Вестник АнГТУ 10/2016. Ангарск: АнГТУ, 2016. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=28296744

12. Lowder T., Zhou E., Tian T. *Evolving Distributed Generation Support Mechanisms: Case Studies from United States, Germany, United Kingdom, and Australia*. National Renewable Energy Laboratory (NREL) 2017. Technical report. Режим доступа: https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67613.pdf

13. Independent Statistics & Analysis, 2017. [Електронний ресурс]. *U.S. Energy Information Administration. Electric Power*. Режим доступа: https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_02_b

14. Cohen M.A., Kauzmann P.A., Callaway D.S. *Economic Effect of Distributed PV Generation on California's Distribution System. Energy Institute at Haas, 2015*. Режим доступа: https://ei.haas.berkeley.edu/research/papers/WP260.pdf

15. The Washington Post, 2017. [Електронний ресурс]. Mapping how the United States generates its electricity. Режим доступа: https://www.washingtonpost.com/graphics/national/powerplants/?utm_term=.5a41d6c60a94

16. Wirth H. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Fraunhofer ISE, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступа:

https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-ingermany.pdf

17. Fraunhofer ISE. Net installed electricity generation capacity in Germany. Режим доступа: https://www.energycharts.de/power_inst.htm?year=all&period=annual&type=power_inst

18. Volkmar M. High Penetration PV: Experiences in Germany and technical solutions. SMA Solar Technology AG. Режим доступа: http://ieapvps.org/index.php?id=153&eID=dam_frontend_push&docID=1492

19. Bayer E. Report on the German power system. 1.0. Study commissioned by Agora Energiewende, 2015. Режим доступа: https://www.agoraenergiewende.de/fileadmin/downloads/publikationen/CountryProfiles/Agora_CP_Germany_web.pdf.