

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

До захисту допущено
завідувач кафедри
І.В. Нездвєцька
"_____" _____ 2024 року

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

освітньо-професійного ступеня "фаховий молодший бакалавр"

спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

на тему: "**Розробка системи електропостачання віддаленого об'єкту**"

Виконав: студент IV курсу, групи Е-41

спеціальності

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

_____ Ілюченко М.О.

Керівник роботи к.т.н., доц. _____ Нездвєцька І.В.

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 року

РЕФЕРАТ

Випускова кваліфікаційна робота «Розробка системи електропостачання віддаленого об'єкту» складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 64 сторінках формату А4, містить рисунки та таблиці. В роботі розроблено систему електропостачання на базі сонячної електростанції та вітроенергетичної установки, яка дозволяє отримувати електроенергію незалежно від зовнішньої мережі з урахуванням перебоїв в електропостачанні.

Актуальність теми. В умовах зростаючого попиту на енергетичні ресурси, вичерпання викопних видів палива та військові дії в Україні, які загрожують перебоями в централізованому електропостачанні, актуальним питанням є створення автономних екологобезпечних технологій забезпечення населення і виробництва електричною енергією.

Метою даної розробки є забезпечення об'єкту, віддаленого від ліній централізованого електропостачання, інфраструктура якого не дозволяє використання техногенного впливу на навколишнє природне середовище, електричною енергією.

Ключові слова: сонячна енергія, сонячний модуль, вітрогенератор, інвертор, контролер, електрична мережа.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДДАЛЕНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ РЕГІОНІВ	5
1.1 Основні види нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та їх переваги порівняно з традиційними	5
1.2 Огляд найпоширеніших нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії застосовуваних для електропостачання віддалених та екологічно чистих регіонів	6
1.2.1 Сонячні електростанції.	6
1.2.2 Вітрові електроустановки.	9
1.2.3 Малі та мікро-ГЕС.	11
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВДАНЬ УДОСКОНАЛЕННЯ	13
2.1 Характеристика енергосистеми об'єкту проектування	13
2.2 Розрахунок та порівняльний аналіз систем електропостачання	16
2.2.1 Розрахунок електричних навантажень	16
2.3 Розрахунок сонячної електростанції	23
2.3.1 Розрахунок режиму робіт сонячної електростанції.	23
2.3.2 Вибір типу, кількості та розташування ФЕМ СЕС.	25
2.3.3 Вибір типу та кількості акумуляторних батарей.	35
2.3.4 Вибір типу сонячного контролера.	41
2.3.5 Вибір типу інвертора.	44
3 РОЗРАХУНОК ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОУСТААНОВКИ (ВЕУ)	48
3.1 Розрахунок режиму та вимоги до ВЕУ	48

3.2 Вибір типу ВЕУ	51
3.3 Вибір типу контролера для ВЕУ	54
3.4 Обґрунтування вибору ВЕУ як допоміжного джерела живлення	56
4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ПРОЕКТІВ З НЕТРАДИЦІЙНИМИ ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ТА ДОТРИМАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ВИМОГ	58
4.1 Вплив ВДЕ на екологію навколишнього середовища	58
4.2 Розробка заходів з охорони праці при роботі із СЕС та ВЕУ	59
4.3 Аспекти забезпечення електробезпеки	64
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ВСТУП

Електрична енергія – один із найважливіших видів енергії. Сьогодні без неї неможливо уявити життя та діяльність сучасної людини. Від її кількості (виробітку) залежить не тільки комфортні умови існування людини, а й розвиток усіх сфер виробництва, науки та техніки. Нині, поруч із традиційними джерелами енергії, використовують нетрадиційні відновлювані джерела енергії (НВДЕ). Особливо це актуально в екологічно чистих районах, де не можливе застосування традиційних джерел енергії через їх негативний вплив на навколишнє середовище, а також на віддалених об'єктах, де застосування традиційних джерел енергії недоцільно економічно або з інших причин.

Метою даної роботи є розробка проекту та застосування сучасних систем електропостачання на базі НВДЕ для розвитку енергооб'єкту, віддаленого від мережі електропостачання.

Завдання, які вирішуються у роботі: розробка системи електропостачання на основі НВДЕ, порівняння та аналіз застосування сонячних, вітряних та мікрогідроелектростанцій у заданих умовах.

1 ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВІДДАЛЕНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ РЕГІОНІВ

1.1 Основні види нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та їх переваги порівняно з традиційними

Відновлювані джерела енергії, як правило, відновлюються за рахунок природніх процесів на планеті. До цих джерел енергії належить [1]:

- енергія сонця;
- енергія вітру;
- енергія води, зокрема енергія хвиль, енергія припливів;
- геотермальна енергія;
- низькопотенційна теплова енергія ґрунту, повітря, води із використанням спеціальних теплоносіїв;
- енергія біомаси, що включає відходи виробництва та споживання – біогаз, газ, що виділяється відходами зі звалищ тощо;

Останнім часом є наукові дослідження, де пропонується використання морських течій, теплового градієнта океанів тощо.

Традиційна енергетика полягає в застосуванні викопного палива, запаси якого обмежені. Вона залежить від величини поставок та рівня цін на нього.

Відновлювана енергетика заснована на різних природних ресурсах, що дозволяє заощаджувати не відновлювані джерела та використовувати їх в інших галузях економіки, а також зберегти для майбутніх поколінь екологічно чисту енергію.

- електричні обігрівачі;
- побутові електроприлади (кухонні плити, водонагрівачі, холодильники, чайники тощо);
- верстати та ручний електричний інструмент, насоси та компресори.

Таблиця 2.1 – Дані щодо енергозабезпечення об'єкта

Точка поставки	Об'єкт енергопостачання	Електрична адреса	Розрахунковий рівень напруги	Категорія схеми електропостачання	Розрахунковий прилад обліку	Макс. потужність енергоприймальних пристроїв, кВт	Режим роботи енергоприймальних пристроїв	Цінова категорія	Група по максимальній потужності
КЛ-0,4 кВ от РУ-0,4 ТП 11А-02-06 до ВРУ-0,4 кВ	Адміністративний будинок візит-центр	ПС №11А 35/6 кВ, ТП 11А-02-06 400 кВА	СН2 (6,0 кВ)	3	СКАТ 301 Э\1-4ЩР2	3 кВт	Цілодобово, без вихідних	Інші споживачі	1

Витрата електроенергії за три роки помісячно представлена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Витрата електроенергії на об'єкті за місяцями

Витрати електроенергії, кВт*год			
Місяць	2023 рік	2022 рік	2021 рік
Січень	11627	13863	14023
Лютий	8366	8987	9120
Березень	2128	6660	5356
Квітень	2122	3003	3128
Травень	933	997	1051
Червень	425	563	568
Липень	721	460	501
Серпень	1121	553	645
Вересень	5331	1270	3274
Жовтень	9089	3160	5690
Листопад	9124	8319	9128
Грудень	9846	10500	10345
Разом	60833	58335	62829

Таблиця 2.3 – Розподіл навантаження об'єкта за основними групами

Тип електроприймачів	Загальна потужність, кВт	Відсоткове відношення від загальної потужності всіх електроприймачів об'єкту, %
Освітлення	3589	4,06
Обігрівачі	44500	50,33
Побутові електроприлади	38250	43,26
Електричний інструмент та засоби життєзабезпечення	1830	2,07
Разом	88413	100%

Таблиця 2.4 – Розподіл навантаження об'єкта по допоміжним групам

Тип електроприймачів	Загальна потужність, кВт	Відсоткове відношення від загальної потужності всіх електроприймачів об'єкту, %
Освітлення	2931	4,56
Обігрівачі	30750	47,84
Побутові електроприлади	26350	40,99
Електричний інструмент та засоби життєзабезпечення	4250	6,61
Разом	64281	100%

Основними проблемами сучасних інфраструктурних об'єктів є велике споживання електричної енергії, що тягне за собою відповідні витрати на її придбання.

Звідси впливають такі завдання даної роботи:

- обґрунтування перспективного використання НВДЕ для

електропостачання віддалених та екологічно чистих регіонів у частині аналізованих об'єктів;

- підготовка пропозицій щодо впровадження та розрахунків НВДЕ;
- обґрунтування економічної доцільності застосування НВДЕ.

2.2 Розрахунок та порівняльний аналіз систем електропостачання

2.2.1 Розрахунок електричних навантажень. Електричне навантаження об'єктів є в основному однофазне. Потужність кожного електроприймача зазвичай не перевищує 2 кВт. При правильному групуванні приладів можна досягти практично рівномірного фазного навантаження (з несиметрією дещо більше 5...10 %) [12].

Навантаження змінюється в залежності від часу доби, пори року та деяких інших (зазвичай форс мажорних) обставин, пов'язаних із характером роботи об'єкта. Об'єкти відносяться до об'єктів III категорії з надійності електропостачання.

Електроприймачі за режимом роботи поділяються на три основні режими: тривалий, короткочасний та повторно-короткочасний. Усі електроприймачі працюють у тривалому або короткочасному режимі. Щодо заходів безпеки всі електроустановки працюють із глухозаземленою нейтраллю [11].

Перелік обладнання кожного об'єкта наведено в таблицях 2.1 і 2.2.

Потужність ($P_{уст}$) вказана для одного електроприймача. Параметри $\cos\phi$, K_i визначено відповідно до таблиць [13, 14].

Розрахунок електричного навантаження будемо проводити для кожного приміщення та для кожного типу електроприймача окремо. По вихідним даним визначається номінальна активна потужність приймача електроенергії.

Для установок, що працюють у тривалому режимі, оскільки ПВ=100% для всіх електроприймачів [15, 16]:

$$P_{усті} = P_{номі} \cdot n_{епі}, \text{ кВт}, (2.1)$$

де $n_{епі}$ – кількість електроприймачів одного типу (для кожної будівлі об'єкта), шт. ;

$P_{номі}$ – потужність електроприймача з таблиць 4 та 7 (для кожної будівлі об'єкта), кВт.

Розрахункова потужність електроприймача визначається за формулою (2.2), кВт:

$$P_{рі} = P_{рі\ уст} K_{ві} K_{пі} \quad (2.2)$$

де $K_{ві}$ – коефіцієнт використання електроприймача (групи електроприйма – чів) [17];

$K_{пі}$ – коефіцієнт попиту групи електроприймачів.

Обидва коефіцієнти визначаються на основі таблиць [18, 19], для кожного електроприймача (групи електроприймачів).

Реактивна потужність визначається за формулою (2.3), квар:

$$Q_{рі} = P_{рі} \operatorname{tg}(\arccos(\varphi_i)). \quad (2.3)$$

Повна потужність знаходиться з виразу (2.4), кВА:

$$S = \sqrt{P_{рі}^2 + Q_{рі}^2}, \text{ кВА}. \quad (2.4)$$

Розрахунковий струм електроприймача, визначається за формулою (2.5), А:

$$I_{pi} = \frac{S_{pi} \cdot 10^3}{U_{ном}}, \text{ А.} \quad (2.5)$$

де $U_{ном}$ – напруга електроприймача (групи електроприймачів) рівне 220 В, оскільки все навантаження однофазне.

Наведемо розрахунок номінальної потужності, активної та реактивної потужностей електроприймача об'єкту «Маєток Св. Миколая» (світильники з енергозберігаючою лампою Е27).

За формулами (2.1) – (2.5):

$$P_{уст1} = P_{ном1} n_{еп1} = 20 \cdot 5 = 0,1 \text{ кВт}$$

$$P_{p1} = P_{p1уст} K_{в1} K_{п1} = 0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,064 \text{ кВт}$$

$$Q_{p1} = P_{p1} \operatorname{tg}(\arccos(\varphi_1)) = 0,064 \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,95)) = 0,021 \text{ квар}$$

$$S = \sqrt{0,064^2 + 0,021^2} = 0,067 \text{ кВА}$$

$$I_{p1} = \frac{0,067 \cdot 10^3}{220} = 0,306 \text{ А.}$$

Для інших електроприймачів розрахунки аналогічні та представлені в табл. 2.5.

2.3 Розрахунок сонячної електростанції

2.3.1 Розрахунок режиму виробітку сонячної електростанції. Перед вибором кількості та типу сонячних батарей, необхідно розрахувати цілорічний та сезонний режими роботи фотоелектричних модулів (ФЕМ).

Для цього нам знадобляться значення сонячної радіації [4].

У табл. 2.6 вказані питомі місячні та сумарні річні значення сонячної радіації ($E_{\text{пит}}$) для місця, де будуть встановлені СЕС. За прототип прийнято заповідник «Гуцульщина».

Розрахунок на даному етапі робимо загальним для всіх об'єктів, оскільки вони перебувають у радіусі 5 кілометрів між собою. Відмінності є лише в навколишньому ландшафті.

Таблиця 2.6 – Значення питомої сонячної радіації

Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
$E_{\text{пит}},$ кВт·год/ ($\text{м}^2 \cdot \text{день}$)	1,2	2,2	3,5	4,5	5,2	5,5	5,4	4,7	3,4	2,2	1,3	0,9

Як видно з табл. 2.6, оптимальне використання СЕС припадає на період з березня по вересень, мінімальні значення виробленої енергії СЕС будуть з жовтня по лютий.

Тривалість сонячного саява становить 1716-2100 годин і так само залежить від рельєфу місцевості [9].

Далі розрахуємо місячні та сумарні річні значення сонячної радіації та занесемо дані до табл. 2.7.

$$E = E_{\text{пит}} \cdot n_{\text{дм}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \quad (2.6)$$

де $n_{\text{дм}}$ – кількість днів у поточному місяці.

Виконаємо розрахунок сонячної радіації у січні ($n_{\text{дм}}=31$ день).

$$E = 1,17 \cdot 31 = 36,27 \text{ кВт год/м}^2.$$

Решту розрахункових значень зведемо до табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Визначені дані щодо місячних та сумарних річних значень сонячної радіації

Місяць	$E_{\text{пит}}, \text{кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$	$n_{\text{дм}}, \text{дни}$	$E_{\text{міс.}}, \text{кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$
Січень	1,2	31	36,3
Лютий	2,2	28	61,3
Березень	3,5	31	109,7
Квітень	4,5	30	134,7
Травень	5,2	31	160,3
Червень	5,5	30	166,2
Липень	5,4	31	168,02
Серпень	4,7	31	146,9
Вересень	3,4	30	100,8
Жовтень	2,2	31	66,95
Листопад	1,3	30	38,4
Грудень	0,9	31	26,4
Разом		365	1215,93

Критерій визначення раціонального режиму роботи ФЕМ перебуває по формулі:

$$k_{\text{рад}} = E_{\text{річ}} / E_{\text{міс}}, \quad (2.7)$$

де $E_{\text{річ}}$ - середні річні суми сумарної радіації на горизонтальну поверхню, кВт·год/м²;

$E_{\text{міс}}$ – середньомісячна сума сумарної радіації на горизонтальну поверхню, мінімальна протягом року, кВт·год/м².

Таблиця 2.8 – ФЕС SOLBAT [21]

Модель	Розмір, мм	U _н , В	U _{хх} , В	I _{кз} , А	U _р , В	I _р , А	P _{ФЕМ} , Вт	Маса, кг
МСК-15	285*425*28	12	22,1	0,92	18	0,83	15	1,9
МСК-20	425*425*28	12	22,1	1,30	18	1,22	20	2,7
МСК-30	425*555*28	12	22,1	1,80	18	1,67	30	3,4
МСК-50	545*668*28	12	22,1	2,75	18	2,50	45	4,0
МСК-60	550*810*28	12	22,1	3,55	18	3,33	60	5,5
МСК-100	540*1200*35	12	22,1	5,58	18	5,27	95	8,0
ФСМ-150	667*1467*35	12	22,1	8,58	18	8,33	150	12
МСК-150	674*1482*35	12	22,1	8,58	18	8,33	150	12
МСК-200	805*1575*40	24	44,2	5,98	36	5,56	200	17
МСК-250	991*1650*40	20	37,2	9,22	30	8,33	250	19,5

Приймаємо до встановлення ФЕС типу МСК-200 (характеристики представлені) у табл. 2.8.

Тоді площа СЕС становитиме:

$$S_{\text{СЕС1}} = P_{\text{нав1}} / P_{\text{ФЕМ}} = 35904 / 170 = 179,5 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{СЕС2}} = P_{\text{нав2}} / P_{\text{ФЕМ}} = 11573 / 170 = 68,1 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{ФЕС}} = 0,805 \cdot 1,575 = 1,268 \text{ м}^2.$$

Відповідно кількість панелей СЕС, складе:

$$N_{\text{СЕС1}} = S_{\text{СЕС1}} / S_{\text{ФЕС}} = 179,5 / 1,268 = 141,56 \text{ шт.}$$

Округлюємо до парного найближчого значення 142 шт.

Відповідно номінальна потужність всіх ФЕМ СЕС складе, кВт:

$$P_{\text{СЕС1}} = N_{\text{СЕС1}} \cdot P_{\text{ФЕМ}} = 142 \cdot 170 = 28,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{СЕС2}} = S_{\text{СЕС2}} / S_{\text{ФЕС}} = 68,1 / 1,268 = 53,7 \text{ шт.}$$

На рис. 2.1 та 2.2 відображено графік вироблення електроенергії сонячними батареями протягом року [22].

Таблиця 2.9 - Вироблення енергії СЕС залежно від місяця

Місяць	$E_{\text{пит}}, \text{кВт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{день})$	СЕС 1, кВт год	СЕС 2, кВт год
Січень	1,17	23,2596	8,8452
Лютий	2,19	43,5372	16,5564
Березень	3,54	70,3752	26,7624
Квітень	4,49	76,5096	29,0952
Травень	5,17	73,414	27,918
Червень	5,54	78,668	29,916
Липень	5,42	76,964	29,268
Серпень	4,74	67,308	25,596
Вересень	3,36	57,2544	21,7728
Жовтень	2,16	42,9408	16,3296
Листопад	1,28	25,4464	9,6768
Грудень	0,85	16,898	6,426

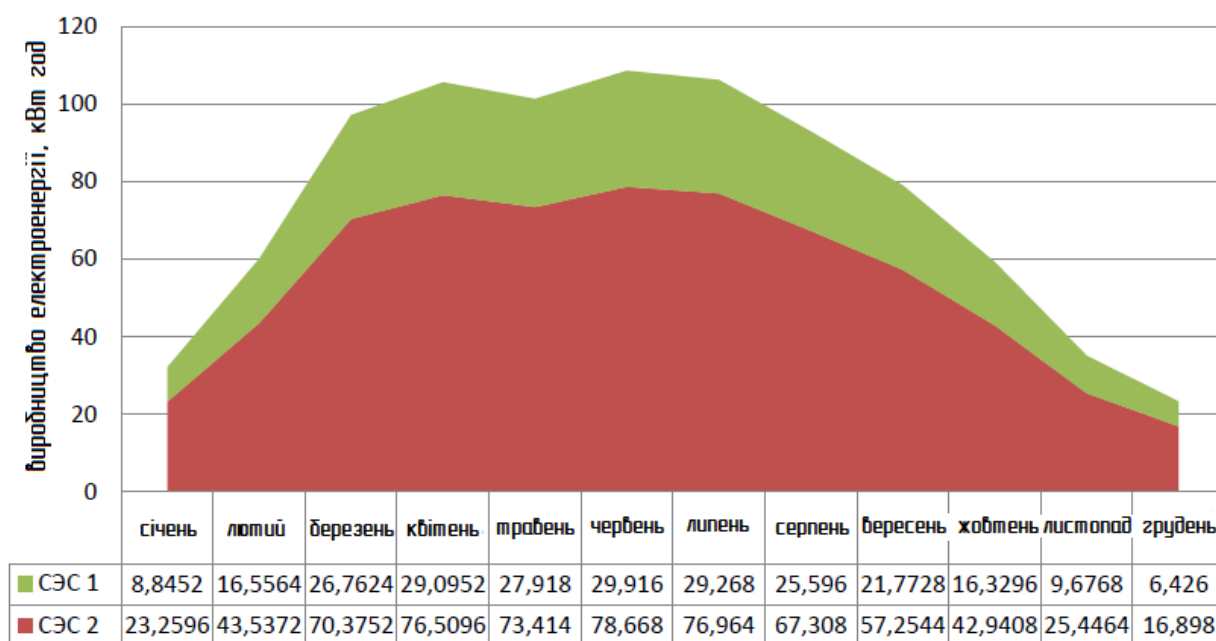


Рисунок 2.1 – Графік розрахункового вироблення за місяцями електроенергії ФЕМ

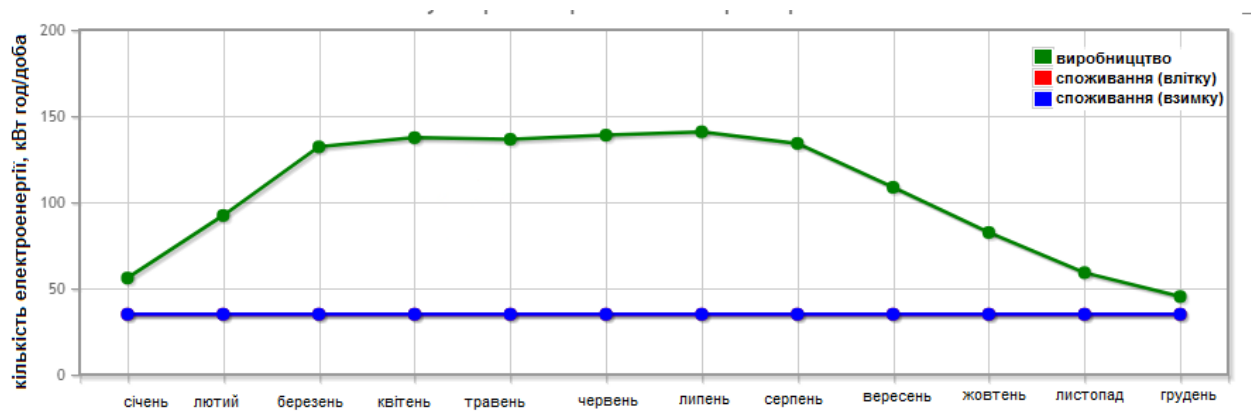


Рисунок 2.2 – Графік виробітку за місяцями електроенергії ФЕМ

Як видно з рис. 2.1 та 2.2, мінімальне вироблення СЕС об'єкта припадає на зимові місяці грудня та січня, а також у листопаді. Ця технологія не покриє потреби обраних об'єктів. У зв'язку з цим, також для безперебійного електропостачання об'єктів вирішено додатково поставити вітрогенератор, що працює паралельно із СЕС. ВЕУ дозволить так ж жити споживачів з урахуванням несприятливих погодних умов для роботи сонячних батарей.

Надмірну ж енергію, що виробляється в літньо-весняний період, можна віддавати в зовнішню мережу за «зеленим» тарифом.

Щільність потоку енергії, що поглинається ФЕМ, залежить не тільки від щільності потоку сонячної енергії, але також і від кута падіння променя на поверхню модуля. Назвемо його кутом β . Щільність потоку випромінювання максимальна у разі, якщо перпендикулярності поверхні поглинання до сонячного випромінювання. Як описано вище, територія національного парку розташована на 48° північної широти.

Якщо ФЕМ встановлені стаціонарно, без зміни кута нахилу ϕ поверхні модулів до горизоту, то максимальний виробіток станції за рік буде, коли $\phi = \beta = 48^\circ$. Менші кути нахилу ФЕМ до горизонту сприяють збільшенню падаючого випромінювання влітку, а більші — взимку. Тому $\beta \geq 70^\circ$ в умовах снігопаду не дозволить снігу залишатися на поверхнях модулів і знижувати ефективність СЕС [4].

Також на рівень впливу сонячного випромінювання на ФЕМ впливає відстань d (рис. 2.3). Разом з тим, зменшення d впливає на скорочення довжину провідників між ФЕМ та іншими складовими.

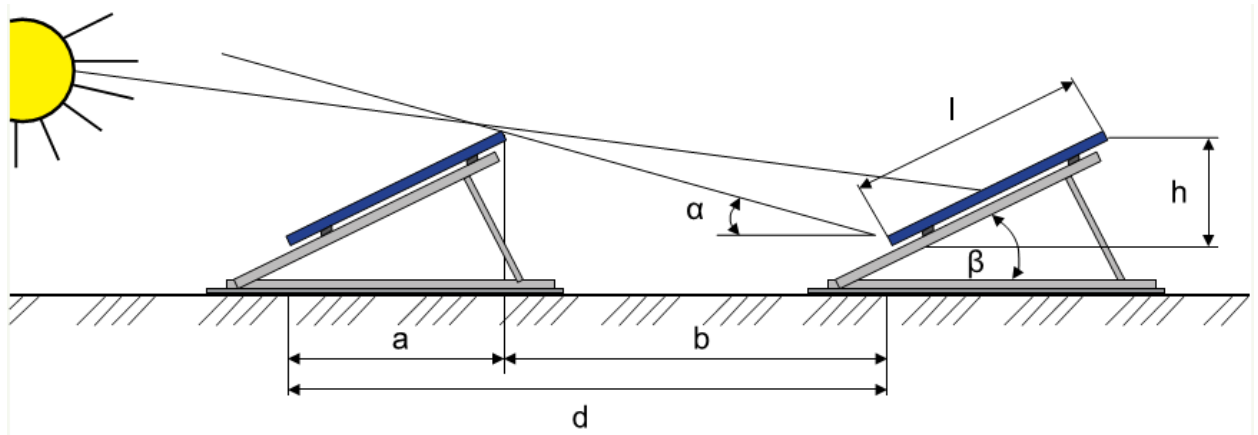


Рисунок 2.3 – Розташування ФЕМ СЕС

При $\alpha=90^\circ$ (рис. 2.4), то кут нахилу модуля дорівнює полярному куту Сонця, а кути схиляння Сонця та модуля рівні між собою ($\Psi = \Theta$), що показано на рис. 2.4.

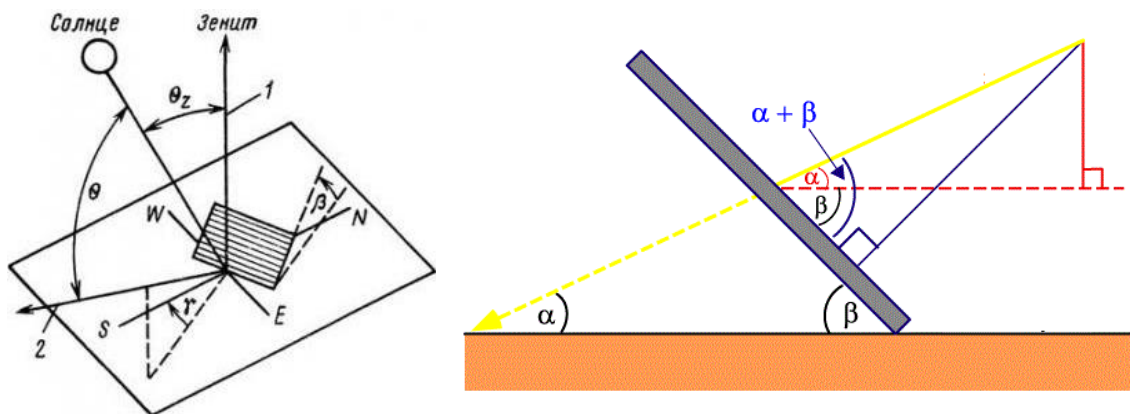


Рисунок 2.4 – Положення ФЕМ та сонця та основні кути

Кут нахилу модуля визначається за формулою (2.10) [24] у градусах:

$$\beta = 90 - \alpha, \quad (2.10)$$

З рис. 2.4:

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta.$$

Схиляння Сонця – це кут δ між уявною лінією з'єднання центрів Землі та Сонця і екватором. δ дорівнює нулю в дні рівнодення (22 березня та 22 вересня). Максимуму (23.45°) δ досягає 22 червня (літнє сонцестояння у північній півкулі) та мінімуму (-23.45°) 22 грудня (зимове сонцестояння у північній півкулі) [24].

δ можна визначити:

$$\delta = 23,45^\circ \sin\left(\frac{360}{365}(d - 81)\right), \quad (2.11)$$

де d - день року (для 1 січня – 1, для 2 січня – 2 і т. д.).

Бічний напрямок світла визначається зенітним кутом. Зенітний кут схожий на кут підйому, за винятком того, що він вимірюється від вертикальної осі, а не від горизонтальної. Сонячні панелі орієнтовані на південь.

Розрахуйте кут нахилу та відстань між рядами фотоелектричної системи у маєтку Святого Миколая.

Розрахуємо кут нахилу та відстань між рядами для чотирьох положень сонця 22 березня, 22 вересня, 22 червня та 22 грудня, в дні літнього та зимового сонцестояння в північній півкулі відповідно.

Для прикладу розрахуємо кути згідно формул 2.10 – 2.11:

$$\delta_{\text{березень}} = 23,45^\circ \sin\left(\frac{360}{365}(81 - 81)\right) = 0$$

$$\alpha_{\text{березень}} = 90 - 48 + 0 = 42^\circ$$

$$\beta_{\text{березень}} = 90 - 42 = 48^\circ$$

$$\delta_{\text{червень}} = 23,45^\circ \sin\left(\frac{360}{365}(173 - 81)\right) = 23,44^\circ$$

$$\alpha_{\text{червень}} = 90 - 48 + 23,44 = 60,44^{\circ}$$

$$\beta_{\text{червень}} = 90 - 60,44 = 29,56^{\circ}$$

$$\delta_{\text{вересень}} = 23,45^{\circ} \sin \left(\frac{360}{365} (265 - 81) \right) = -0,6^{\circ}$$

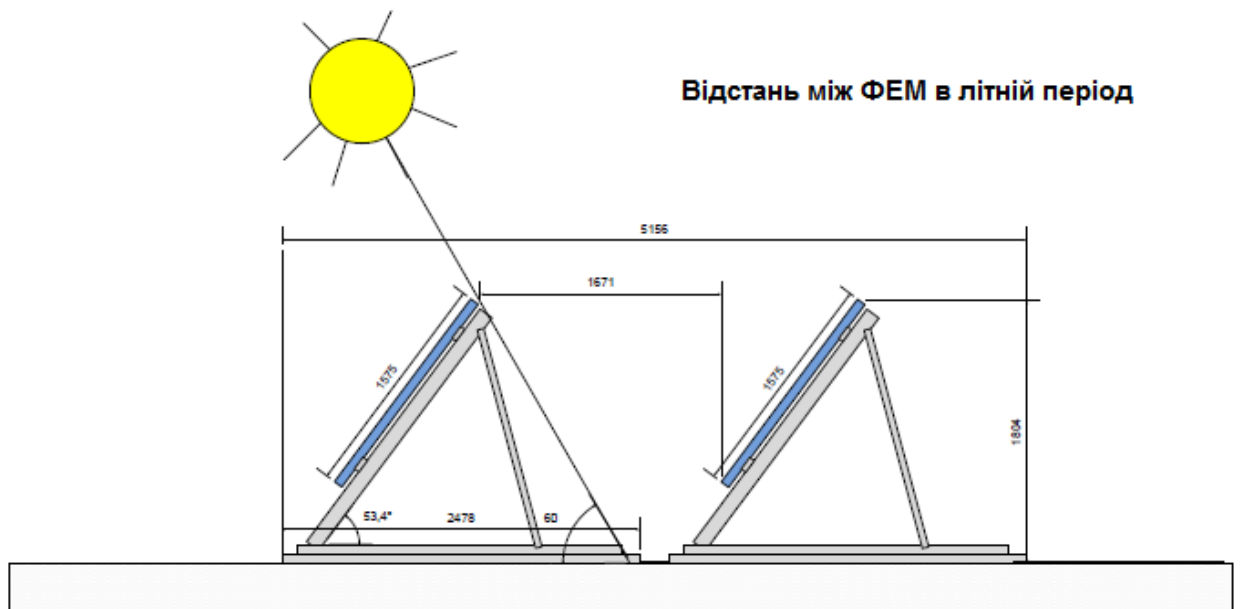
$$\alpha_{\text{вересень}} = 90 - 48 - 0,6 = 36,4^{\circ}$$

$$\beta_{\text{вересень}} = 90 - 36,4 = 53,6^{\circ}$$

$$\delta_{\text{грудень}} = 23,45^{\circ} \sin \left(\frac{360}{365} (356 - 81) \right) = -23,44^{\circ}$$

$$\alpha_{\text{грудень}} = 90 - 48 - 23,44 = 13,56^{\circ}$$

$$\beta_{\text{грудень}} = 90 - 13,56 = 76,44^{\circ}$$



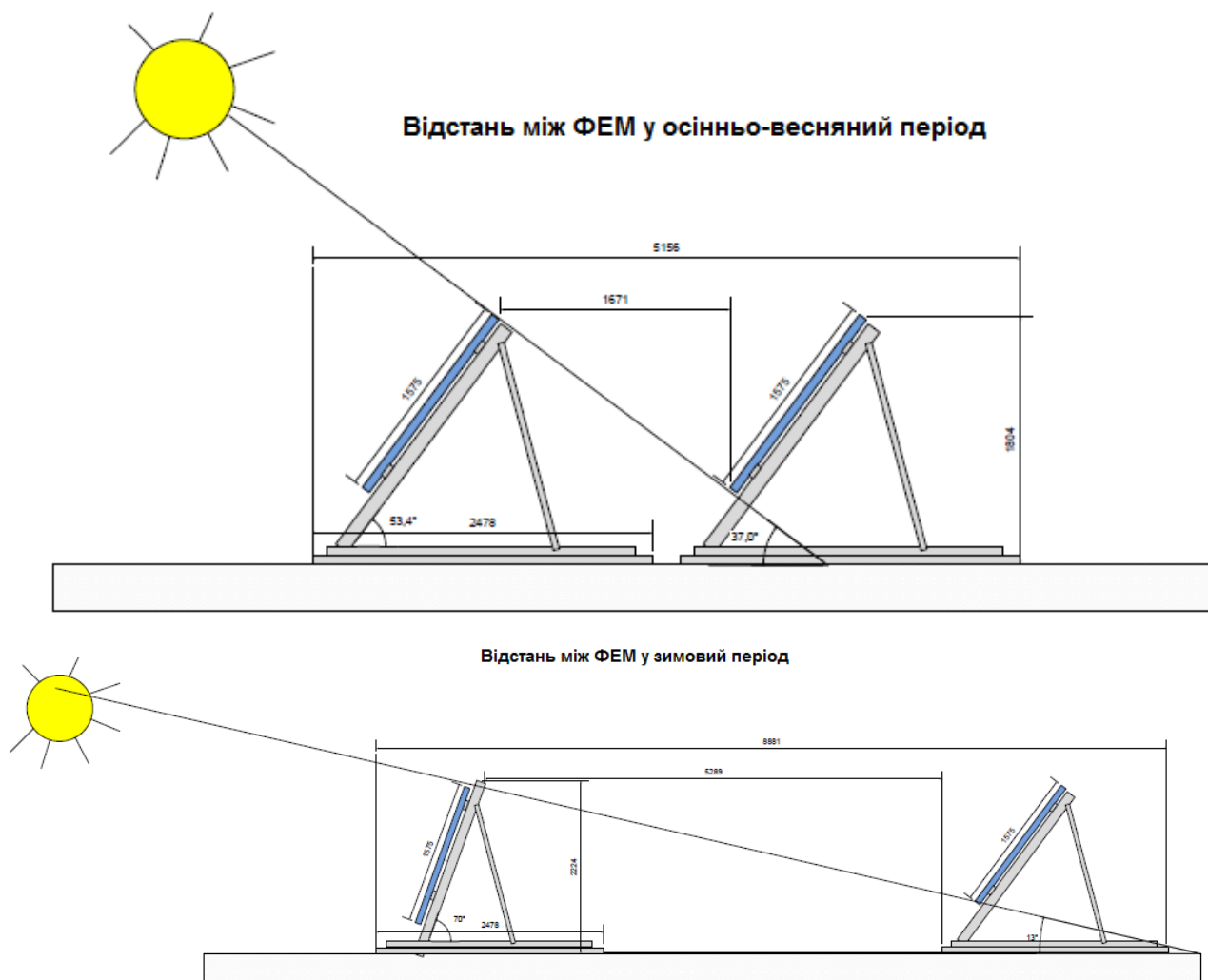


Рисунок 2.5 – Вибір основних розмірів СЕС

На основі отриманих даних кут нахилу для літнього та осінньо-весняного сезонів приймається рівним $\beta = 48^\circ$. Кут нахилу в зимовий період приймається рівним $\beta = 76^\circ$. Природний кут нахилу снігу становить $30-40^\circ$, і сніг не затримується на нахиленій поверхні понад 60° , таким чином запобігаючи накопиченню снігу на панелях.

Обидві позиції з'єднані сталевими перфорованими куточками. Для фундаменту використовуються гвинтові палі.

Відстань між рядами фотоелектричних модулів вибирається на основі креслення на рисунку 2.5. 2.5. Через невелику кількість фотоелектричних модулів у фотоелектричній системі дослідницького центру та невеликий доступний простір на ділянці, кут нахилу та відстань між рядами

фотоелектричних модулів не розраховуються. Ці фотомодулі будуть встановлені на даху та південній стіні будівлі дослідницького центру.

2.3.3 Вибір типу та кількості батарей. У нічний час, під час тривалого снігопаду або туману енергія, накопичена в акумуляторах автономної сонячної електростанції, споживається навантаженням.

Для того, щоб вибрати тип батареї, нижче наведено короткий аналіз доступних на ринку акумуляторів, які підходять для СЕС:

1) Свинцево-кислотні батареї.

Існує три основні типи свинцево-кислотних акумуляторів (далі - АКБ): AGM, GEL та заливні технології [25].

- GEL-технологія Gelled Electrolite. До електроліту підмішується SiO_2 , та електроліт стає желеподібним. У цьому желе є маса пор, які заповнені електролітом. Саме така консистенція електроліту дозволяє працювати GEL акумулятору у будь-якому положенні. Акумулятор такої технології не обслуговується.

При використанні таких батарей у системах фотоелектричних електростанцій регулярно виникають ситуації недостатнього розряду батареї, що призводить до часткової втрати ємності батареї і, в кінцевому підсумку, негативно впливає на роботу всієї системи [25].

3) Літієві батареї.

Літієві батареї використовуються в багатьох галузях промисловості та виробництва, в тому числі в альтернативній енергетиці. Через високу вартість пристрою цей тип акумуляторів не набув широкого застосування у фотоелектричних системах, оскільки значно збільшує загальну вартість системи і термін її окупності [25].

Деякі з видатних властивостей літієвих батарей включають високу енергоємність, невеликі розміри, здатність витримувати глибокі розряди і швидку зарядку.

Чим вища вихідна напруга фотоелектричної електростанції, тим менша ємність і струм розряду акумулятора, і тим нижча ціна.

Виходячи з вищесказаного, допускається встановлення тягової акумуляторної батареї типу GEL MicroArt 2-960 з напругою 2 В і загальною напругою батареї СЕС 48 В. Характеристики акумуляторної батареї MicroArt 2-960 наведені в таблиці 21 [26].

На відміну від інших акумуляторів, ця батарея має термін служби 1500 циклів заряду-розряду і тому використовується в системах резервного та автономного живлення. Для багатьох акумуляторів (навіть гелевих) це максимально можлива кількість циклів заряду-розряду. Цей тип акумуляторів має один недолік. Вони потребують обслуговування, що, звичайно, збільшує витрати на утримання всієї фотоелектричної системи. Однак, ці батареї оснащені штекером для рекуперації водню, тому обслуговування навряд чи буде потрібне [26].

2-вольтова акумуляторна батарея 960А може зберігати до 1920 Вт енергії. Вони поставляються в сухому стані. Перед встановленням батареї

залийте в неї приблизно 13 літрів електроліту. "Надчистий електроліт" Домішки в електроліті значно скоротять термін служби батареї [26].

Таблиця 2.10 – Характеристики АКБ MicroArt 2-960

Характеристика АКБ	Величина
Ємність АКБ	960 А год
Вихідна напруга	2 В
Енергоємність	1920 Вт
К-сть електроліта для заповнення АКБ	13 л
К-сть циклів	від 1500
Термін служби АКБ	15 років
Гарантія	2 роки
Габарити	66x16x20 см
Маса (в сухозарядженому вигляді)	50 кг
Тип	обслуговується

Енергія (енергоємність) акумуляторної батареї визначається як добуток її ємності на номінальну напругу. Місткість показує потенціал акумуляторної батареї, тобто скільки часу вона зможе жити навантаження, якщо повністю заряджений. У міру розряду напруга та енергоємність акумуляторної батареї падає.

Втрата ємності ΔC акумуляторної батареї СЕС за час $\Delta t_{\text{нв}}$ роботи під навантаженням визначається за формулою [27]:

$$\Delta C = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} \Delta t_{\text{нв}} = \frac{P_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} (24 - \Delta t_{\text{дв}}) \quad (3.12)$$

де $P_{\text{н}}$ – номінальна потужність навантаження, для кожного об'єкта;

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга навантаження, приймаємо 48 В;

$\Delta t_{\text{нв}}$ – інтервал нічної доби в літній час $\Delta t_{\text{нв}} = 10$ годин,

взимку – $\Delta t_{\text{нв}} = 16$ годин [27];

$\Delta t_{\text{дв}}$ – інтервал денного часу доби, приймаємо 16 годин [27].

Розрахуємо витрати ємності для батареї об'єкту «Маєток Св.Миколая».

$$\Delta C = \frac{P_{H1}}{U_H} \Delta t_{HB} = \frac{35904}{220} 16 = 11968 \text{ А год.}$$

Для об'єкту «Науково-дослідницький центр»:

$$\Delta C = \frac{P_{H2}}{U_H} \Delta t_{HB} = \frac{11573}{220} 16 = 3857 \text{ А год.}$$

Глибокий розряд може вивести з ладу акумулятор. Тому виробники акумуляторів встановлюють кінцеву напругу розряду, при досягненні якого акумулятор необхідно відключати від навантаження та заряджати. Щоб акумулятор служив довго, його не можна розряджати більш ніж на 70-80% [27]. Ступінь розряду АКБ СЕС:

$$S_P = \frac{C_H - C_{min}}{C_H} 100\% = \frac{\Delta C}{C_H} 100\% \quad (2.13)$$

Виразивши з (2.13) ємність АКБ C_{ABH} з урахуванням (2.12) отримуємо вираз для визначення необхідної ємності акумуляторної батареї СЕС у вигляді:

$$C_{ABH} = \frac{100}{S_P} \frac{P_H}{U_H} \Delta t_{HB}. \quad (2.14)$$

Найбільш попленим режимом експлуатації АКБ СЕС є зимовий період, тому при розрахунках за формулою (2.14) приймають $\Delta t_{HB}=16$ год, а ступінь розряду АКБ: $S_P=70\%$.

Розрахуємо ємність для батареї об'єкту "Маєток Св.Миколая":

$$C_{ABH} = \frac{100}{70} \frac{35904}{48} 16 = 17097 \text{ А год.}$$

Для об'єкту «Науково-дослідницький центр»:

Умови вибору контролера:

- 1) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{ФЕМ}}$ – вхідна напруга сонячного контролера повинна бути більшою або дорівнювати максимальній напрузі сонячних панелей, які він живить (включаючи напругу холостого ходу акумулятора);
- 2) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{аб}}$ – вихідна напруга контролера повинна бути більшою або дорівнювати максимальній напрузі акумуляторної батареї, що заряджається від нього;
- 3) $I_{\text{контр}} \geq I_{\text{зар.аб}}$ – Зарядний струм, що подається сонячним контролером, повинен бути більшим або дорівнювати максимальному зарядному струму акумулятора;
- 4) Контролер повинен відповідати типу акумулятора (тобто заряджати цей акумулятор).

Максимальний зарядний струм акумулятора визначається за формулою [28], А:

$$I_{\text{зард.аб}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб}} \quad (2.19)$$

Зарядний струм батарей двох об'єктів відповідно дорівнюватиме, виходячи з ємності ланцюжка n послідовно з'єднаних батарей всієї АБ:

$$I_{\text{зард. аб1}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб1}} = 0,1 \cdot 960 = 96 \text{ А};$$

$$I_{\text{зард. аб2}} = 0,1 \cdot C_{\text{аб2}} = 0,1 \cdot 960 = 96 \text{ А}.$$

Для об'єкта «Маєток Св.Миколая» вибираємо кількість 18 шт. МРРТ контролерів на струм 100 А і 6 шт. для об'єкта «Науково-дослідницький центр».

Виходячи з обґрунтування, наведеного вище, вибираємо МРРТ контролер Victron Energy SmartSolar MPPT 100/20 SCC110020060R зі струмом зарядки 100А та напругою сонячних батарей до 200 В (рис. 2.6).

Схема з центральним інвертором залишається основним вибором для багатьох середньо- та великомасштабних СЕС. Велика кількість ФЕМ підключені до серії, щоб сформувати високу напругу. Центральний інвертор забезпечує високу надійність і простоту установки. Однак вони мають недоліки: у разі поломки інвертора (або тривалого ремонту) вся система виходить з ладу, так само є проблеми з узгодженням великої кількості ФЕМ (оскільки вони з'єднані послідовно-паралельно).

Паралельні інвертори забезпечують напругу лише на рівні для послідовно з'єднаних ФЕМ з усіх послідовно з'єднаних ФЕС - незалежні друг від друга. Це корисно в тих випадках, коли модулі не можуть бути встановлені з тією ж орієнтацією, або де використовуються ФЕМ різної конфігурації, або коли є проблеми затінення ФЕМ.

Інвертори встановлені на паралельну роботу, мають такі переваги. По-перше, у разі поломки або тривалого ремонту залишається як мінімум один інвертор і система продовжує працювати. По-друге, це відмову від зберігання резервного інвертора. Це дозволить легко впоратися з непередбаченими обставинами, як у разі відмови інвертора. Недоліки – це складність

Вартість інверторів є високою через необхідність встановлення інверторів для паралельної роботи та використання консолей паралельної роботи.

Враховуючи вищесказане, у нашому випадку ми приймемо метод використання центральних інверторів у Садибі Святого Миколая та Науково-дослідному центрі.

Критерії вибору івертора:

- 1) $U_{\text{інв}} \geq U_{\text{ФЕМ}} (U_{\text{АБ}})$ – вхідна напруга інвертора повинна бути рівною або більше максимальної напруги сонячної батареї (у тому числі напруги холостого ходу батарей) або АКБ;
- 2) $U_{\text{інв}} = U_{\text{мережі}}$ – вихідна напруга інвертора має бути рівною напрузі споживачів (мережі);
- 3) $P_{\text{інв}} \geq P_{\text{заг.мережі}}$ – потужність, що видається інвертором, повинна бути

- більшою або дорівнювати потужності мережі збільшеної на 30% [31];
- 4) пікова потужність інвертора повинна відповідати пусковій потужності найпотужнішого електроприймача або бути більшою за неї.
- 5) інвертор повинен бути тієї системи, напруги і частоти, що і мережа, що їм живиться.

Розрахуємо потужність інвертора, урахуванням її втрат (30%) [31], Вт:

$$P_{\text{інв}} = P_{\text{розр.нав1}} \cdot 1,3 \quad (2.22)$$

Тоді для кожного об'єкта потужність інвертора становитиме:

$$P_{\text{інв1}} = 29920 \cdot 1,3 = 38896 \text{ Вт};$$
$$P_{\text{інв2}} = 9644 \cdot 1,3 = 12537 \text{ Вт}.$$

Аналізуючи за потужністю інвертори, що є зараз на ринку, для об'єкта «Пойлово» обраний інвертор МАП HYBRID 48-15 х 3 фази (45 кВт). Для об'єкта «Маєток Св. Миколая» вибрано інвертор МАП HYBRID 48-4.5 х 3 фази (13.5 кВт).

3 РОЗРАХУНОК ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОУСТААНОВКИ (ВЕУ)

3.1 Розрахунок режиму та вимоги до ВЕУ

Застосовувати ВЕУ тільки на об'єкті «Пойлово» це пов'язано з кількома причинами. По-перше, об'єкт «Маєток Св. Миколая» знаходиться в лігві і оточений хребтами гірської гряди і оточений змішаними лісами, що сильно послаблює енергію, що отримується від вітру. Об'єкт «Пойлово» навпаки знаходиться на більш відкритій місцевості, що дозволить ефективніше використовувати енергію вітру. По-друге, розрахунок СЕС показав, що об'єкт «Маєток Св. Миколая» повністю буде забезпечений живленням навіть у зимові місяці від СЕС. Об'єкту «Пойлово» навпаки, у зимові місяці недостатньо застосування однієї СЕС.

Технічні вимоги до ВЕУ:

1) ВЕУ має бути орієнтована за напрямком вітру, за проведеною за інтервал червень-січень, за даними метеостанції встановленої на об'єкті, можна стверджувати, що напрямок вітру на даній ділянці практично не змінюється $239,52 \pm 35 (\pm 15\%) [9]$;

2) швидкість вітру має бути більшою за 2 м/с, але меншою за 15 м/с із-за ризику пошкодження деталей ВЕУ. При швидкості понад 15 м/с ВЕУ повинна відключатися;

3) не повинні перевищуватись допустимі норми шуму: вдень – 52 дБ, вночі – 44 дБ [33];

4) потужність ВЕУ має відповідати необхідній потужності за результатами розрахунків.

Для оцінки ресурсів використання енергії вітру визначимо потенціал вітру цього регіону за методикою [34].

Питома потужність на одиницю поперечного перерізу вітрового потоку (вітровий потенціал) широко використовується як інтегральна енергетична характеристика вітру. Теоретичний вітровий потенціал оцінюється за допомогою рівняння (3.1):

$$P_{\text{пит}} = 0,5 \cdot \rho \cdot (V^3)_{\text{ср}}, \quad (3.1)$$

де ρ – густина повітря, рівна 1,225 кг/м³ на рівні моря при атмосферному тиску 760 мм.рт.ст. та температурі 15°C;

$(V^3)_{\text{ср}}$ - середній куб швидкості.

Середній куб швидкості може бути виражений через середню швидкість за формулою (3.1):

$$(V^3)_{\text{ср}} = 1,9(V_{\text{ср}})^3. \quad (3.2)$$

Підставивши отриманий вираз у формулу (3.1), отримуємо:

$$P_{\text{пит}} = 0,95 \cdot \rho \cdot (V_{\text{ср}})^3. \quad (3.3)$$

Підставимо у формулу (3.3) значення густини повітря. Отримуємо спрощену формулу (3.3):

$$P_{\text{пит}} = 1,17 \cdot V_{\text{ср}}^3. \quad (3.4)$$

Виконаємо розрахунок вітрового потенціалу за виразом (3.4) за даними місцевої метеостанції встановленої на об'єкті $V_{\text{ср}}$ [9] та занесемо їх у таблицю 3.1.

За даними табл. 3.1 можна зробити висновок, що використання вітроенергетичних ресурсів буде найбільш вигідним у зимово-весняний період, що нам і необхідне для кращої роботи СЕС.

Для вибору ВЕУ необхідно визначити потужність, необхідну нам для живлення об'єкта за мінімального вироблення СЕС.

Таблиця 3.1 – Потенціал вітрового потоку на об'єкті проектування

Період	$V_{\text{ср}}, \text{ м/с}$	$P_0, \text{ Вт/м}^2$
Січень	3,6	54,59
Лютий	3,5	50,16
Березень	3,3	42,05
Квітень	3,4	45,99
Травень	3,1	34,86
Червень	2,8	25,68
Липень	2,6	20,56
Серпень	2,8	25,68
Вересень	3,1	34,86
Жовтень	3,5	50,16
Листопад	3,7	59,26
Грудень	3,7	59,26
За рік	3,3	42,05

Відповідно до табл. 2.9 вироблення СЕС у грудні місяці складе приблизно 16,9 кВт год за необхідного нам 29,92 кВт год з табл. 2.5. Приблизний дефіцит потужності:

$$29,92 - 16,9 = 13020 \text{ кВт год.}$$

Розрахуємо номінальну потужність вітрогенератора, необхідну для зарядки акумуляторів за формулою (3.26), Вт · год:

$$P_{\text{ВЕУ}} = V_c / \xi \cdot \eta_{\text{ген}} \quad (3.5)$$

де ξ – коефіцієнт використання енергії вітру, який залежить від виду (конструктивного виконання) вітроколеса і становить 35-40% для профільованого крильчатого пропелера;

$\eta_{\text{ген}}$ – ККД генератора, приблизно становить 80% [7];

V_c – швидкість заряду акумуляторів, визначається за формулою (3.6), Вт·год.

$$V_c = C_{\text{аб1}} / T_{\text{г}}, \quad (3.6)$$

де T_r – кількість годин на добу (24 години).

$$V_c = C_{a61} / T_r = 17097 / 24 = 712 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{BEY} = V_c / \xi \cdot \eta_{\text{ген}} = 712 / 0,4 \cdot 0,8 = 2226,17 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

З огляду на це, вибираємо вітрогенератор з номінальною потужністю 3 кВт.

Слід зазначити, що це спосіб оцінки є орієнтовним.

3.2 Вибір типу ВЕУ

Критерії вибору вітрогенератора:

- 1) $U_{BEY} = U_{\text{мережі}}$ – вихідна напруга генератора має бути рівною напрузі споживачів (контролера, АКБ);
- 2) $P_{BEY} \geq P_{\text{мережі}}$ – потужність вітрогенератора повинна відповідати необхідній нам потужності або бути дещо більшою за неї;
- 3) вітрогенератор має бути розрахований на мінімальну та максимальну силу вітру.

Виходячи з вище перерахованого обираємо до установки вітрогенератор 3 KW-48V STORM USE (Sunny Energy Science and Technology, Китай) зі змінним кутом атаки лопатей [35]. Технічні характеристики вітрогенератора представлені у табл. 3.2. Графік вироблення електроенергії представлений на рис. 3.1.

Таблиця 3.2 – Технічні дані 3 KW-48V STORM USE

Найменування	Значення
Діаметр вітроколеса:	4 м
Регулювання кута лопатей:	Автоматична
Номінальна швидкість вітру:	9 м/сек
Номінальна напруга:	48 В
Номінальна/максимальна потужність:	3000/4000 Вт
Генератор:	3-фазний, з постійними магнітами
Номінальна швидкість обертання:	300 об/хв
Стартова швидкість вітру:	3 м/сек
Висока щогли, що рекомендується:	від 9.0 м
Передача:	пряма
Термін експлуатації	15 років

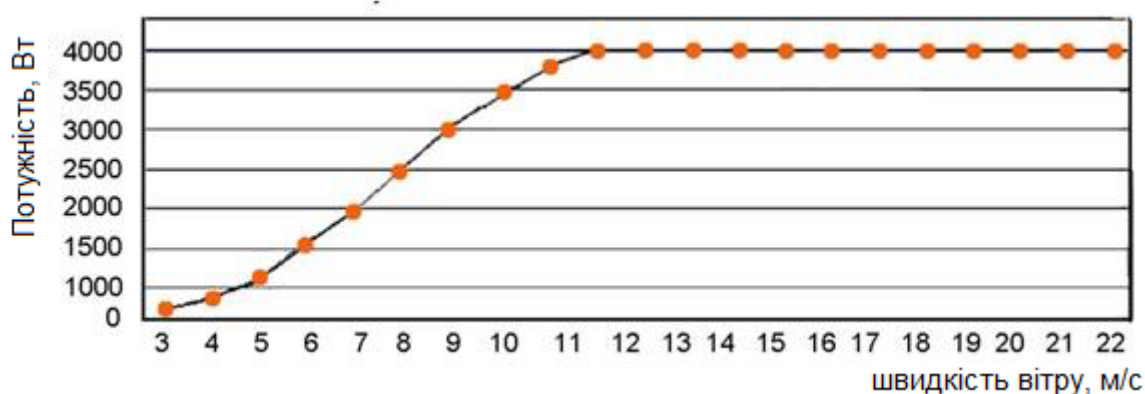


Рисунок 3.1 – Характеристики потужності залежно від сили вітру

Вітрогенератори поставляються без щогл. При виборі щогли слід пам'ятати, що чим вище вітрогенератор знаходиться над землею, тим вищою зазвичай буде швидкість вітру. Щогли також повинні витримувати типові максимальні швидкості вітру на місці установки і бути простими в установці.

Рекомендовано вибирати місце, де швидкість вітру стабільна, довготривала, ефективна, на рівній місцевості і не вище будівлі або пагорба. Небажано, щоб місце встановлення було нерівним, наприклад, на пагорбі, оскільки висхідний вітер створюватиме вихори. Це може статися навіть при слабкому вітрі. Такі місця відомі як зони турбулентності. Зони турбулентності збільшуються зі збільшенням розміру бар'єру. Зазвичай довжина зони турбулентності в 10-20 разів перевищує ширину бар'єру. Висота турбулентності вдвічі перевищує висоту бар'єру [35].

У разі неможливості встановлення вітрогенератора перед перешкодою, то висота монтажу вітряка повинна бути в 3 рази більша за висоту цієї перешкоди [9].

Вітряки рекомендується встановлювати на вершині гір. Гірський хребет і пік має природну функцію високої опори. Швидкість потоку повітря поблизу хребта збільшуватиме, т.к. утворюється ефект аеродинамічної труби. Вироблення енергії збільшуватиметься. Але структура гір впливає напрям і швидкість вітру. Найкраща умова це підібрати правильний кут між основним напрямом вітру та гірським хребтом. Інакше швидкість вітру зменшуватиметься.

Виходячи з цих вимог, було обрано щоглу вітрової турбіни висотою 12 м. Приблизна конструкція вітрової турбіни показана на рис. 3.2.

При виборі місця розташування вітрогенератора необхідно також пам'ятати про мінімізацію відстані між генератором і споживачем. Чим менша відстань, тим менше кабелів буде використано і, відповідно, менше енергії буде втрачено під час передачі.

Щоглу вітрогенератора так само необхідно заземлити або з'єднати із заземлюючим пристроєм СЕС.

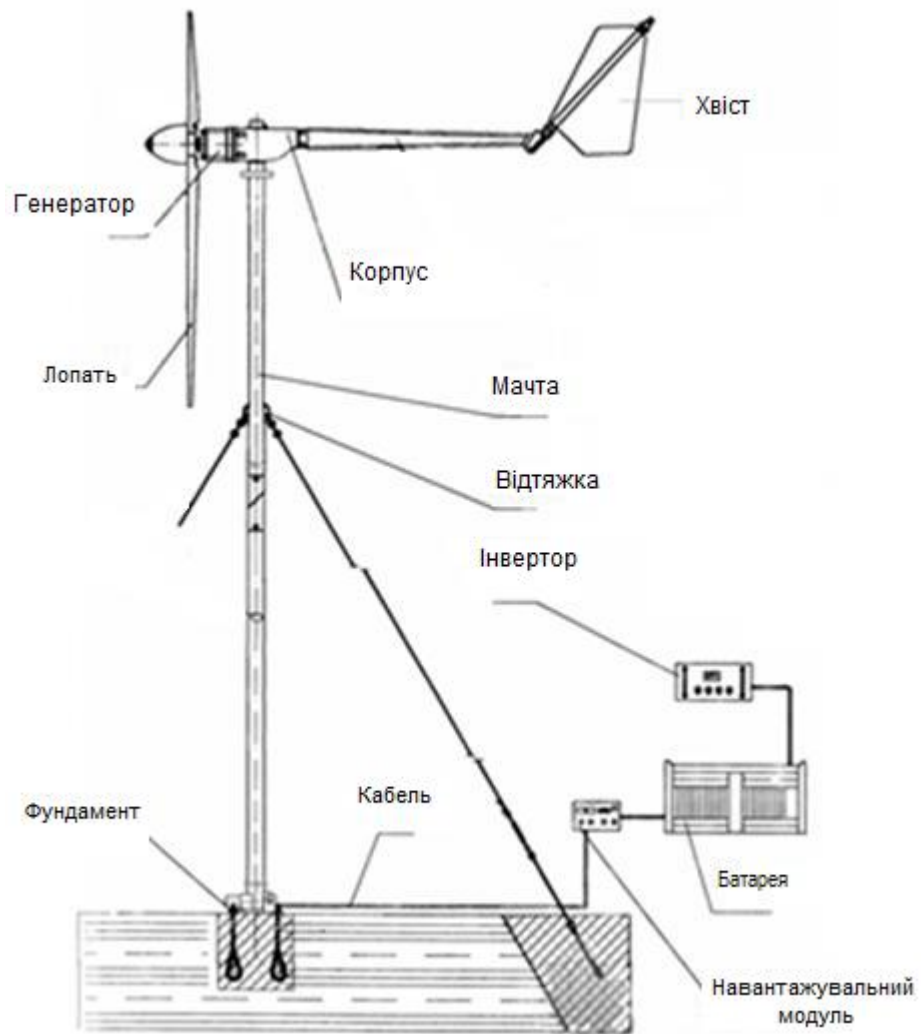


Рисунок 3.2 – Конструкція ВЕУ

3.3 Вибір типу контролера для ВЕУ

Типи вітрових контролерів, що поділяються так само на три типи як і сонячні контролери. Умови вибору вітрового контролера:

1) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{ВЕУ}}$ – вхідна напруга вітрового контролера повинна бути рівною або більше максимальної напруги ВЕУ (у тому числі напруги холостого ходу вітрогенератора);

2) $U_{\text{контр}} \geq U_{\text{аб}}$ – вихідна напруга сонячного контролера повинна бути рівною або більше максимальної напруги АКБ, що заряджається ним, у нашому випадку 48 В;

3) $I_{\text{контр}} \geq I_{\text{зар.аб}}$ – струм заряду, що видається вітровим контролером, повинен бути більшим або дорівнювати максимальному струму заряду АКБ, у нашому випадку даний критерій не такий важливий, оскільки ВЕУ є додатковою точкою постачання потужності;

4) вітровий контролер повинен підходити до типу АКБ (тобто заряджати цю АКБ) у нашому випадку свинцеві АКБ панцирного типу.

Контролери для вітрогенераторів ніколи не відключають вітрогенератор і працюють за двома основними принципами. Контролери для потужних вітрогенераторів зазвичай мають великий баластний резистор. І коли напруга на акумуляторі підніметься до певного межі, то контролер включає баласт і зайва енергія від вітрогенератора спалюється на баласті. При цьому вітряк під навантаженням і акумулятор не перезаряджається. А також часто замість резистора баластного підключають нагрівальні ТЕНи і гріють воду зайвою енергією, наприклад для підживлення гарячої води на об'єкті [7].

Вітрогенератор без навантаження залишати не можна в сильний вітер, без навантаження гвинт буде крутитися на великих обертах, сильно шуміти, і відчувати сильні вітрові навантаження, від цього вітрогенератор може просто не витримати і вийти з ладу. Так само без навантаження у вітрогенератора напруга може сягати великих значень, що може вивести з ладу контролер.

Виходячи з вище перерахованого – приймаємо до установки МРРТ контролер: КЕВ Dominator МРРТ 200В 5 кВт [36]. Характеристики контролера представлені в табл. 3.3. Вибір контролера на потужність 5 кВт при номінальній потужності ВЕУ обумовлений тим, що згідно з характеристик ВЕУ – максимальна потужність ВЕУ може при сильному вітрі сягати понад 4 кВт, що зазначено в табл. 3.2.

Таблиця 3.3 – Технічні дані KEB Dominator MPPT 200В 5 кВт

Характеристика	Величина
Максимальна потужність, кВт	5
Максимальна напруга, В	200
ККД	98%
Габарити [ВхГхШ] (без урахування блоку № 2 і без ТЕН), см	35х12х21
Габарити [ВхГхШ] Блок №2, см	23х10х15,5
Габарити [ВхГхШ] ТЕН, см	52х10,5х13
Маса (без урахування блоку № 2 і без ТЕН), кг	5,00

3.4 Обґрунтування вибору ВЕУ як допоміжного джерела живлення

Як описувалося, вище ВЕУ ми застосовуємо у комплексі із СЕС для створення гібридної сонячно-вітрової електростанції. Якщо запропонувати виключити з вироблення потужності СЕС, то згідно таблиці 2.5 та розрахунків цієї роботи – необхідна потужність складе для нас 35904 Вт. Відповідно, якщо встановлювати ВЕУ по 5 кВт кожен в одному місці, то для живлення об'єкта нам потрібно від 8 до 10 ВЕУ.

Так як відстань між найближчими двома повинна бути в 10 разів більша ніж діаметр вітроколеса, то з урахуванням того, що діаметр вітроколеса для 5 кВт ВЕУ складе 6 метрів, то відповідно відстань між двома ВЕУ буде 60 метрів, між трьома 120 метрами і т.д. Тобто вітряна електростанція займе велику площу, що неприйнятно для нас, тому що площа об'єкту «Пойлово» обмежена лісом, гірською грядою і грубо є прямокутником розмірами 350 на 200 м.

Також необхідно враховувати, що згідно з розрахунками необхідний вітровий потік буває тільки в осінньо-зимовий період, а у разі повного затишного штилю вироблення припинитися.

Для додаткової оцінки ресурсів вітрової енергії скористаємося також програмою онлайн-калькулятор [22], яка визначає вироблення електроенергії ВЕУ, залежно від кількості середньої вітрової енергії на вибраній території. На рис. 3.3 відображено графік вироблення електроенергії ВЕУ за рік [22].

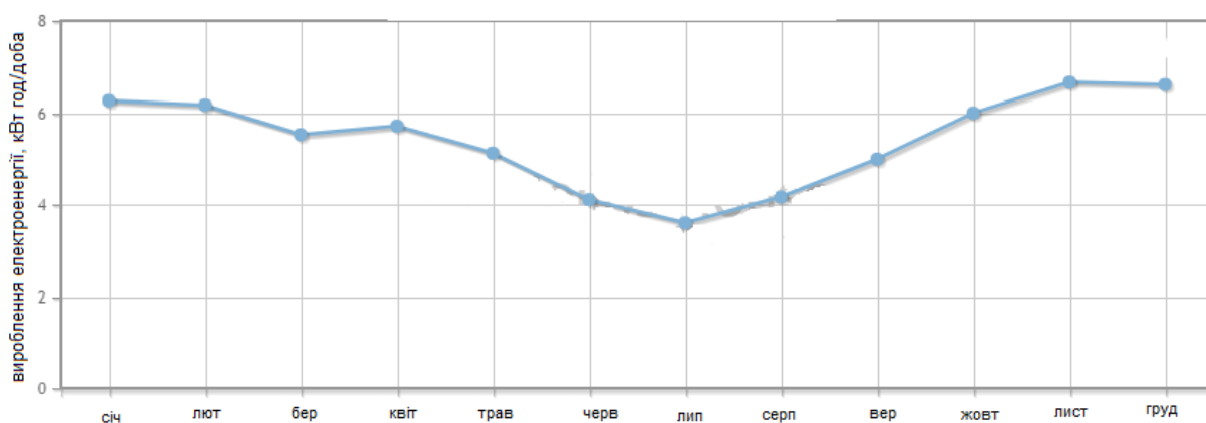


Рисунок 3.3 – Графік виробітку по місяцях електроенергії ВЕУ «Пойлово»

Розрахункові дані та дані, отримані від онлайн-калькулятора – практично збігаються, що вказує на достовірність розрахунків.

4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ПРОЕКТІВ З НЕТРАДИЦІЙНИМИ ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ТА ДОТРИМАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ВИМОГ

4.1 Вплив ВДЕ на екологію навколишнього середовища

Розберемо вплив на екологію проектів з НВІЕ та дотримання природоохоронних вимог щодо кожної установки окремо.

Поряд з перевагами, СЕС мають недоліки, такі як негативний вплив на навколишнє середовище деяких елементів сонячних установок (зокрема технологічні умови виробництва цих елементів).

Технологія виробництва одного з компонентів сонячних батарей – кремнію – чинить шкідливий вплив на навколишнє середовище. Також фотоелементи містять кадмій, галій, миш'як, технології виробництва яких чинять негативний вплив на природу.

Ще однією проблемою є утилізація сонячних елементів. Більшість компаній не хочуть займатися утилізацією, вважаючи цю справу високовитратною.

Ще одним мінусом сонячної енергетики є те, що при великій кількості ФЕМ СЕС займає значну площу і цю територію використовувати для інших потреб, неможливо.

Однак, незважаючи на викладені вище проблеми, сонячна енергетика буде розвиватися при умовах постійного вдосконалення своїх технологій. Це з тим, що це вид альтернативної енергетики є чудовим доповненням до традиційної енергетики.

Основними факторами, що впливають на довкілля ВЕУ такі: шум при

роботі, візуальний вплив, використання землі та загроза життю птахів та ссавців.

4.2 Розробка заходів з охорони праці при роботі із СЕС та ВЕУ

Виходячи з інструкцій, зазначених в ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності» для того щоб визначити найвищий рівень повноти безпеки, який може бути пред'явлений до функції безпеки, необхідно виконати наступні процедури:

1) Визначити підсистеми, з яких складається електрична система, пов'язана з безпекою.

2) Для всіх елементів кожної підсистеми окремо визначити частку безпечних відмов.

3) Для кожного елемента, використовуючи отримане значення частки безпечних відмов і значення відмовостійкості апаратних засобів, що дорівнює нулю, визначити максимальний рівень повноти безпеки.

4) Визначити найвищий рівень повноти безпеки, який може бути пред'явлений до підсистеми.

5) Найвищий рівень повноти безпеки, який може бути пред'явлений до електричній системі, пов'язаної з безпекою, визначається підсистемою з найнижчим рівнем повноти безпеки.

Відмовостійкість апаратних засобів N означає, що $N + 1$ є мінімальним числом відмов, які можуть привести до втрати функції безпеки [20].

Перелік відмов електричної станції:

- вихід з ладу сонячного елемента;
- вихід з ладу акумуляторної батареї;
- вихід з ладу інвертора;

- вихід з ладу фільтру;
- вихід з ладу випрямляча;
- вихід з ладу вітроустановки;
- вихід з ладу регулятора;
- коротке замикання в будь-якій точці.

1. У кожному сонячному елементі встановлено запобіжник на 15 А, в той час як струм короткого замикання 8,56 А. Таке рішення запропоновано виробником обраних сонячних елементів. Таким чином, навіть якщо станеться відмова одного елемента - все решта будуть знаходитись в роботі. Відмовостійкість апаратного елемента дорівнює 2, тому що після виходу з ладу одного елемента сонячної батареї працездатність системи зберігається, проте потужність буде менше, ніж спочатку. Частка безпечних відмов елементів знаходиться в діапазоні до 60%. З цього випливає висновок, що системі сонячних елементів присвоєно УБП 3.

2. Акумуляторна батарея складається з 25 акумуляторів, з'єднаних послідовно. До них підключені ще 25 акумуляторів паралельно для збільшення потужності. Таким чином відмова одного з акумуляторів зменшує загальну резервну потужність електростанції. Виходячи з того, що після відмови одного, двох, трьох і т.д. акумуляторів працездатність системи не порушиться, проте віддавана потужність буде менше запланованої. Звідси випливає, що відмовостійкість апаратного елемента дорівнює 1. Частка безпечних відмов елементів знаходиться в діапазоні до 60%. У випадках з відмовами більше 60% акумуляторів - споживачі вже не зможуть розраховувати на належну кількість електроенергії. Акумуляторній батареї присвоєно УБП 2.

3. Інвертор – невід'ємна частина системи електропостачання, що дозволяє перетворити постійний струм напругою 600 В в змінний напругою 380/220 В для передачі споживачам. Виходячи з цього - відмова будь-якого

відмовостійкість апаратного елемента дорівнює 0. Частка безпечних відмов елементів знаходиться в діапазоні до 60%. Для коротких замикань УБП 1.

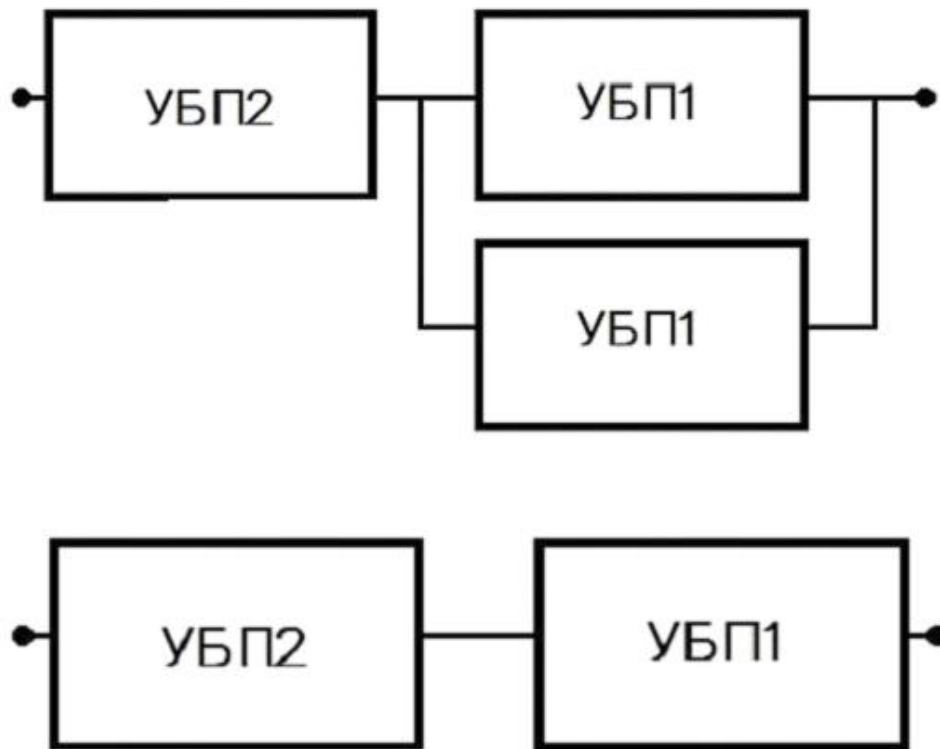


Рисунок 4.2 – Спрощена структурна схема системи електропостачання

В електричній підсистемі, пов'язаній з безпекою, в якій функція безпеки реалізується в багатоканальній архітектурі (паралельне з'єднання елементів) з відмовостійкістю апаратних засобів, що дорівнює N , максимальний рівень повноти безпеки, який може бути досягнутий для даної функції безпеки, повинен бути визначений :

а) групуванням послідовно з'єднаних елементів для кожного каналу і потім визначенням максимального рівня повноти безпеки, який може бути досягнутий для даної функції безпеки для кожного каналу;

б) вибором каналу з максимальним рівнем повноти безпеки, який може бути досягнутий для даної функції безпеки і потім складанням рівнів повноти безпеки N для визначення максимальної повноти безпеки для повної підсистеми. В результаті архітектура спрощується до електричної системи з

вимикачі захищають систему від коротких замикань і перенапруг. Вимогам, зазначеним в ГОСТ ІЕС 61010-1-2014, відповідає. А також застосовується додаткова ізоляція. Вона витримує електричні удари, викликані напругою, які можуть з'явитися на мережевому джерелі живлення або в обладнанні.

Згідно ГОСТ ІЕС 61140-2012 "Захист від ураження електричним струмом. Загальні положення безпеки установок та обладнання": електричного обладнання, в якому використовується основна ізоляція в якості запобіжного заходу для основного захисту, а додаткова ізоляція - в якості запобіжного заходу для захисту при пошкодженні, або в якому основну захист і захист при пошкодженні забезпечують посиленою ізоляцією присвоюється клас II [21].

Т.ч. електростанція має клас захисту від ураження електричним струмом II. В даному проекті основний захист - захисні бар'єри і основна ізоляція, додатковий захист - автоматичні вимикачі та додаткова ізоляція.

ВИСНОВКИ

Для виконання роботи була видана тема, в результаті якої проведено дослідження і отримано результати. Метою роботи було створення проекту автономного джерела електропостачання на базі відновлюваних джерел енергії.

На початку роботи були вивчені переваги і потенціал альтернативної енергетики на сьогоднішній день. Актуальність розробки досить висока, тому що можна отримати екологічно чисте джерело енергії з низькою вартістю виробництва електроенергії.

В ході виконання роботи було спроектовано дві схеми електропостачання – з використанням енергії сонця та вітру. В результаті аналітичних досліджень обраний було обрано раціональні параметри та склад обладнання більш технічно і економічно доцільний.

Постачальник електроенергії повинен не тільки забезпечити електрикою споживачів, але і зобов'язаний дотримуватися і контролювати його якість у разі виникнення аварій і позаштатних ситуацій. Для цього представлені вимоги діючих стандартів на якість електричної енергії і можливі методи контролю якості електроенергії.

Додатковим розділом роботи став розділ «Заходи з охорони праці та екологічний вплив проектів з нетрадиційними відновлюваними джерелами енергії та дотримання природоохоронних вимог», в якому розглянуті аспекти функціональної безпеки і аспект забезпечення електробезпеки (представлені види основного і додаткового захисту від ураження електричним струмом по ГОСТ ІЕС 61010-1- 2014, присвоєно клас захисту від ураження електричному струмом по ГОСТ ІЕС 61140-2012).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cleandex. Інформаційно-аналітична агенція – Режим доступу: <http://www.cleandex.ua/all/energy/solar/> (Дата звернення 07.04.2024)
2. Electric info. Інформаційний портал – Режим доступу: <http://electrik.info/main/news/401-kak-ustroeny-i-rabotayut-solnechnye-batarei.html> (Дата звернення 17.03.2024)
3. Вікіпедія. Вільна енциклопедія – Режим доступу: <https://ua.wikipedia.org/wiki/Діод> Шоттки (Дата звернення 18.04.2024)
4. Naked Science. Науково-популярний портал – Режим доступу: <http://naked-science.ua/comment/reply/4360> (Дата звернення 18.01.2024)
5. Solnechnye.ua/ Інтернет-магазин – Режим доступу: <http://www.solnechnye.ru/batareya/vybor-solnechnoy-batarey.htm> (Дата звернення 23.03.2024)
6. Refleader. Освітній портал – Режим доступу: <http://refleader.ua/jgeujgotrjgejge.html> (Дата звернення 02.02.2024)
7. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с
8. Відновлювані джерела енергії / За ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.
9. Whisper Power. Електронний сайт компанії – Режим доступу: <http://www.whisperpower.com/ua/4/9/260/Продукция/Аккумуляторные-батареи/li-ion-24-B-1000-Ач.html> (Дата звернення 05.05.2024)
10. EnergyStock. Електронний сайт компанії – Режим доступу: <http://energystock.ua/vetroelektrostantsii.html> (Дата звернення 07.03.2024)
11. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Під заг. ред. Шидловського А.К. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007.–

559 с.

12. Лежнюк П.Д. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія / П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, О.В. Нікіторович, В.В. Кулик - Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
13. Кармазін О.О. Балансова надійність електроенергетичних систем в умовах зростання частки відновлюваної енергетики. Автореф. канд. дис. Київ, 2019. – 20 с.
14. СОУ НЕК 341.001:2019 Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України. НПЦР ОЕС України, 2019.
15. СОУ-Н ЯЕК 04.156:2009 Основні вимоги щодо регулювання частоти та потужності в ОЕС України. Настанова. Чинний від 2009.
16. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-68:2012 «Стійкість енергосистем. Керівні вказівки». Міненерго України, 2112.
17. СОУ НЕК 341.001:2019 Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України. НПЦР ОЕС України, 2019.
18. Вікіпедія. Вільна енциклопедія – Режим доступа: <https://ua.wikipedia.org/wiki/> Коротке_замикання (Дата звернення 23.02.2022)
19. Закон України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 №1391-XIV зі змінами та доповненнями / [Електронний ресурс]. - URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/main/1391-14>
20. Мхитарян Н.М. Гелиоэнергетика: системы, технологии, применение. – Киев:Наукова думка, 2002. – 313 с.
21. Петренко В. П. Методика оптимального вибору відновлюваних джерел енергогенерації в умовах Прикарпаття / В.П. Петренко, У.Ю. Палійчук // Наук.вісн. Івано-Франків. нац. техн. ун-ту нафти і

- газу. – 2014. – № 1. – С. 168-175.
- 22Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії.
Постанова НКРЕ від 14.03.2018 № 312
- 23Закон України «Про ринок електричної енергії» / Відомості
Верховної Ради України (ВВР), 2017, № 27-28, С.312
- 24ДСТУ EN 50160-2014. Характеристики напруги електропостачання в
електричних мережах загальної призначеності
- 25Сонячна енергетика – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до
ресурсу: <http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/sonjachna-energetika> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. – Дата звернення:
14.02.2024.
- 26Сонячна енергія в Україні – [Електронний ресурс]. – Режим доступу
до ресурсу: <http://ekovita.org.ua/viewtopic.php?t=718> – Загол. з титул
екрану. – Мова: укр. – Дата звернення: 18.02.2024.
- 27Сонячні мережеві електростанції – [Електронний ресурс]. –
<http://studall.org/all4-1266> – Загол. з титул екрану. – Мова: укр. –
Дата звернення: 17.02.2024.
- 28Стрілець Н. Ю.: Правила безпечної експлуатації електроустановок
споживачів. – Київ: «Основа», 2003. – 380 с.
- 29Яковлев В.Ф. Проективання систем електрифікації технологічних
процесів на підприємствах АПК. Загальні питання проектування:
Навчальний посібник / В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, С.О. Квітка,
Ю.О. Богатирьов. За заг. ред. проф. Яковлева В.Ф. – Мелітополь, 2010.
– 117 с.