

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Пояснювальна записка
до бакалаврської дипломної роботи
бакалавр
(освітній ступінь)

на тему: «Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах
підприємства товариства з обмеженою відповідальністю
«Вінницька птахофабрика»»

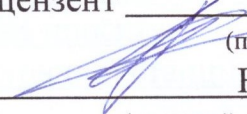
Розробив студент 4 курсу, групи 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

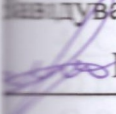

Андрій КОРИТНИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник К.Т.Н. СТ.ВИКЛ.
(посада, вчене звання)


Вадим БОМБИК 28.05.2024р.
(науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент К.Т.Н., ДОЦ.
(посада, вчене звання)


Юрій ВОЙТЮК 10.06.2024р.
(науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Допущено до захисту
Визначач кафедри КЕМСК

Микола МОШНОРИЗ
(прізвище та ініціали)

28 " 05 2024 р.

м. Вінниця – 2024 рік

Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра Комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

“11” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Коритному Андрію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика»

керівник роботи Бомбик Вадим Сергійович, к.т.н., ст. викл. каф. КЕМСК

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” 03 2024 року № 80

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: параметри підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика». Потужність сонячної електростанції: 500 кВт. Напруга на виході інвертора 0,4 кВ. Напруга, яка віддається в мережу 10 кВ. Перелік літературних джерел для виконання спеціальної частини.

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

1) Аналіз сучасного стану використання сонячних фотоелектричних систем

2) Техніко-економічне обґрунтування проєкту

3) Проектування сонячної фотоелектричної станції.

4) Охорона праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1) Схема електрична принципова сонячної фотоелектричної станції.

2) Генеральний план сонячної електростанції.

3) Схема електрична принципова підключення фотогальванічних панелей.

4) Схема електрична принципова підключення інвертора SUN 2000-100KTL-M2.

5) Блок-схема алгоритму очищення сонячної станції.

6) Результати моделювання роботи сонячної електростанції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к.т.н., ст. викл. каф. КЕМСК Бомбик В.С.	11.03.24	28.05.24
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	11.03.24	28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	11.06.2024	

Студент

(підпис)

Андрій КОРИТНИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вадим БОМ

(прізвище та ініціали)

Анотація

Коритний А.В. «Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика»». Бакалаврська дипломна робота. Вінниця : ВНТУ, 2024.— 115 с. Бібліогр. :17. Іл. :35. Табл. :22.

В бакалаврській дипломній роботі запропонований варіант сонячної фотоелектричної станції в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика». Номінальна потужність сонячної електростанції складає 500 кВт.

Розроблені всі необхідні схеми підключення. Вибрані всі необхідні компоненти. Здійснено моделювання роботи сонячної фотоелектричної станції в програмному середовищі PVsyst.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, сонячна енергетика, сонячна фотоелектрична станція.

The summary

Korytny A.V. "Development and design of a solar photovoltaic station within the limits of the limited liability company "Vinnytsia Poultry Farm". Bachelor thesis. Vinnytsia: VNTU, 2024.— 115 p. Bibliogr. :17. Ill. :35. Table :22.

In the bachelor's diploma thesis, the option of a solar photovoltaic plant in the conditions of the limited liability company "Vinnytsia Poultry Factory" is proposed. The nominal capacity of the solar power plant is 500 kW.

All necessary connection schemes have been developed. All necessary components are selected. The simulation of the operation of the solar photovoltaic station was carried out in the PVsyst software environment.

Key words: renewable energy sources, solar energy, solar photovoltaic plant.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ	6
1.1 Аналіз сучасних сонячних фотоелектричних систем.....	10
1.2 Характеристика підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика».....	17
1.3 Аналіз можливостей використання сонячної енергії на підприємстві.....	19
1.4 Постановка задач на проектування.....	20
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	22
3 ПРОЄКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ.....	28
3.1 Вибір обладнання	29
3.2 Розрахунок параметрів обладнання для побудови СЕС	37
3.3 Підбір та перевірка кабелів постійного та змінного струму.	39
3.4 Підбір апаратів захисту	44
3.5 Розробка автоматизованої системи очистки сонячних панелей.....	47
3.6 Розробка автоматизованої системи резервного живлення	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	63
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	63
4.1.2 Електробезпека	66
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	66
4.2.1 Мікроклімат	66
4.2.2 Склад повітря робочої зони	67

4.2.3 Виробниче освітлення	68
4.2.4 Виробничий шум	69
4.2.5 Виробничі вібрації.....	70
4.3 Пожежна безпека	70
ВИСНОВКИ	73
Список використаної літератури	74
Додаток А Технічне завдання	76
Додаток Б Генеральний план сонячної фотоелектричної станції	79
Додаток В Схема електрична принципова підключення фотогальванічних панелей.....	80
Додаток Г Моделювання роботи сонячної фотоелектричної станції в PVsyst	81
Додаток Д Програмний код системи очищення.....	91
Додаток Е Ілюстративні матеріали.....	97

ВСТУП

Сьогодні електрична енергія стала невід'ємною частиною життя людей, яка надає розвиток і комфортне проживання. Виробництво енергії з традиційних джерел, є екологічно шкідливими, і це виробництво з кожним роком стає все більш затратним. Запаси нафти і газу скорочуються, зростає їх витрата, тому все більш актуальнішим є використання альтернативної енергетики.

Одним із видів відновлювальних джерел енергії є сонячна енергія. Перетворення сонячного випромінювання безпосередньо в електричну енергію, виконується із використанням сонячних фотомодулів (батареї) і інвертора. Таке поєднання є найбільш перспективним підходом отримання чистої електричної енергії.

Тому тема роботи є актуальною.

Метою роботи є отримання електричної енергії від відновлювальних джерел енергії за рахунок розробки сонячної фотоелектричної станції в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика».

Об'єкт дослідження – процеси, які протікають при перетворенні сонячної енергії в електричну в сонячних панелях та інверторі.

Предмет дослідження – фотовольтаїчні панелі інвертор та інші пристрої, що забезпечують процес перетворення сонячної енергії в трифазний змінний струм.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Сонячна енергія – це невичерпне джерело енергії, яке значно перевищує за потужністю всі світові запаси викопного палива. Використання лише 0,0125% енергії що надходить, може задовольнити нинішні потреби у світовій енергії, а використання 0,5% здатне покрити повністю всі потреби та згодом і майбутні.

Переваги сонячної енергії:

1. Відсутність викидів парникових газів та інших шкідливих речовин. Сонячні панелі не генерують викидів під час роботи, що робить їх екологічно чистим джерелом енергії.

2. Відсутність теплового ефекту. На відміну від спалювання викопного палива, сонячна енергія не сприяє глобальному потеплінню.

Недоліки сонячної енергії:

1. Залежність від атмосферних умов. Кількість сонячної енергії напряму залежить від погодних умов, часу доби та року.

2. Висока вартість. Установка сонячної електростанції може бути дороговартісною.

Згідно прогнозу Solar Power Europe (рисунок 1.1) ринок сонячної енергетики буде стрімко зростати до 2027 року. Основним стимулом такого зростання є падіння цін на сонячні панелі та інвертора, а також зростання у людей екологічної свідомості та політики держав щодо заощадження енергоресурсів.

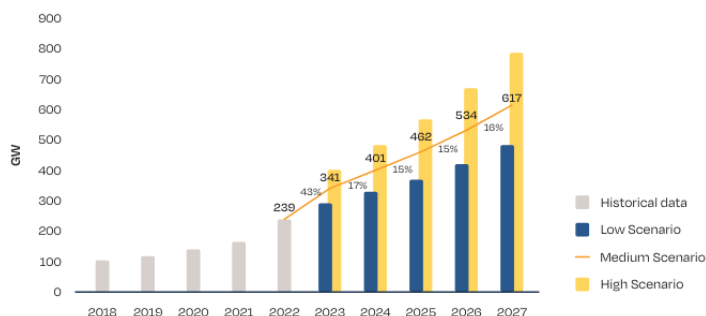


Рисунок 1.1 – Прогноз зростання ринку сонячної енергетики до 2027 р

З графіка можна зробити такий висновок, що ринок сонячної енергетики збільшиться вдвічі у порівнянні з даними про ринок на теперішній час.

Середній сценарій прогнозує, що світовий ринок сонячної енергії досягне позначки в 400 ГВт у 2024 році. Це означає, що темп зростання на 17% більший у порівнянні з 341 ГВт (за даними 2023 року). У період між 2024 і 2027 роками на три провідні світові ринки сонячної енергії: Китай, Сполучені Штати та Індію, припадатиме 51-57% світового попиту на сонячну енергію, зменшившись із 58%, прогнозованих у 2023 році. У 2027 році ці три країни, за прогнозами, досягнуть сумарної встановленої потужності в 313 ГВт.

В останні роки помічається збільшення кількості постачальників сонячних систем, які надають підприємствам та галузям можливість використовувати сонячну енергію. Монтаж індустріальних сонячних енергосистем виявляється ефективним рішенням для задоволення енергетичних потреб та представляє перспективну альтернативу традиційним джерелам енергії. Сучасні сонячні енергетичні системи широко застосовуються в ключових промислових галузях. Ринок запропонує багато ресурсів та постачальників сонячної енергії, що допомагає підприємствам забезпечити стійке енергопостачання. У порівнянні з традиційними джерелами, середні тарифи на сонячну електроенергію виявляються більш доступними. Використання альтернативних джерел енергії допоможе зменшити витрати та надасть податкові пільги.

В результаті аналізу поточного стану ринку систем сонячної енергетики можна відзначити, що їх використання не тільки сприяє економії ресурсів, але й сприяє розвитку та дотриманням загальних принципів для досягнення екологічної ефективності підприємств.

Сонячна енергія за останні десятиліття стрімко завоювала позиції серед ключових джерел електроенергії, ставши вирішальним фактором у світових зусиллях з переходу на екологічно чисте та стійке енергопостачання. Сонячна енергія з технічної точки зору не лише обіцяє вирішення енергетичних проблем, але й є ключовим компонентом енергетичної трансформації.

Одним з головних критеріїв використання енергії сонця – є постійність і відновлюваність. Сонячні панелі, завдяки фотовольтаїчним елементам, що перетворюють сонячне випромінювання на електричний струм, здатні генерувати електроенергію навіть у хмарну погоду. Це забезпечує безперервний потік електроенергії, роблячи сонячну енергетику надійнішою, порівняно з іншими джерелами, такими як вітро- чи гідроенергетика, які залежать від певних умов.

З технічної точки зору, фотовольтаїчні технології, ґрунтовані на явищі фотоелектричного ефекту, значно вдосконалилися та стали ефективнішими у перетворенні сонячної енергії в електричну енергію. Розробка наноматеріалів і тонкоплівкових технологій дозволила виробляти високопродуктивні сонячні панелі, які легко можна встановити на стіни будівель, покрівлі та навіть можуть вбудовуватися в елементи електроніки. Це оптимізує використання ресурсів для електрогенерації.

Сонячна енергетика не лише виступає ключовим джерелом відновлюваної енергії, але й являє собою технічно ефективне і технологічно просунуте рішення для задоволення потреб сучасних підприємств. Дослідження та покращення технології генерації електричної енергії сонячної енергії відкриває широкий спектр можливостей для розвитку енергетичного сектору, сприяючи створенню стійкої екологічно і чистої енергосистеми.

Серед різноманітних альтернативних джерел енергії, які можуть бути використані в промислових енергетичних системах, сонячна енергія вирізняється як практичне, функціональне та економічно вигідне рішення.

Вибір технології відновлюваної енергії, що підходить для промислових виробничих процесів, залежить від декількох факторів:

1. Тип енергії (теплова, електрична, механічна).
2. Відновлюване джерело енергії (сонячне випромінювання, вітер, вода).
3. Потенціал використання.
4. Інфраструктура (чи існують необхідні фізичні та технічні можливості для інтеграції технології).

Сонячна енергія має значні переваги в кожному з цих аспектів:

1. Універсальність. Сонячна енергія може бути перетворена на різні типи енергії, що робить її гнучкою для використання в різних промислових процесах.

2. Доступність. Сонячне випромінювання є доступним ресурсом у багатьох регіонах світу.

3. Масштабованість. Системи сонячної енергії можуть бути побудовані будь-якого розміру, від невеликих дахових установок до масштабних промислових парків.

4. Економічна вигода. Вартість сонячних технологій значно знизилася протягом останніх років, роблячи їх економічно конкурентоспроможними з традиційними джерелами енергії.

Зважаючи на ці переваги, сонячна енергія стає все більш привабливим вибором для промислових підприємств, що прагнуть до екологічно чистого та стійкого енергопостачання.

Україна – це країна, де виробляється в середньому 2609 сонячних годин на рік. Україна зробила важливі кроки з розширення використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). І альтернативні види палива як частина більш широкої стратегії зменшення залежності від традиційного викопного палива. За оцінками, до 2030 року наша країна зможе збільшити використання відновлюваних джерел енергії в 10 разів і скоротити споживання природного газу на 15%. Варто відзначити, що клімат і географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики та будівництва СЕС. Навіть північні райони країни мають великий потенціал для розвитку цієї галузі, що не поступається більшості європейських регіонів.

Зараз розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на тій стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час у нас є одна з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі.

1.1 Аналіз сучасних сонячних фотоелектричних систем

Сонячні батареї будуються з модулів, зроблених на основі кристалів кремнію. Залежно від галузі застосування, сонячні модулі можуть мати різні конструктивні рішення і різні вихідні потужності. Застосовуються сонячні батареї для забезпечення автономною електроенергією різного роду підприємств або для власних потреб.

Сонячні панелі класифікуються відповідно до організації атомів кремнію в кристалах сонячних елементів:

- монокристалічні;
- полікристалічні;
- аморфні.

Монокристалічні. При виробництві сонячних панелей з монокристалів, використовують найчистіший кремній. Цей тип сонячної панелі виглядає як кремнієві стільники або клітини, з'єднані в єдину структуру. Після затвердіння очищений монокристал розпадається на ультратонкі пластини товщиною до 300 мікрон. Ці кінцеві пластини з'єднані тонкою решіткою електродів. Оскільки технологія виробництва дуже складна, то вони коштують дорожче, ніж аморфні батареї. Крім того, такі батареї слід вибирати на рівні 20% за їх високий коефіцієнт корисної дії (ККД). Перш за все, це хороший показник для сонячних батарей. Зовнішній вигляд панелі показаний на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Монокристалічна сонячна панель

Полікристалічні панелі. Для того, щоб отримати полікристалічну сонячну панель полікристалічні частки повільно охолоджують до тих пір, доки не отримають діоксид кремнію. Цей тип фотомодулів дешевший, оскільки такий підхід до технології виробництва набагато дешевший, ніж попередній. У той же час для виробництва потрібно менше енергії, що також позитивно впливає на ціни. Тому ККД таких панелей невисокий – до 18%. Зниження цього коефіцієнта пов'язане з утворенням внутрішньої частини полікристала, що знижує ефективність. Зовнішній вигляд даного виду сонячних панелей показаний на рисунку 1.3.

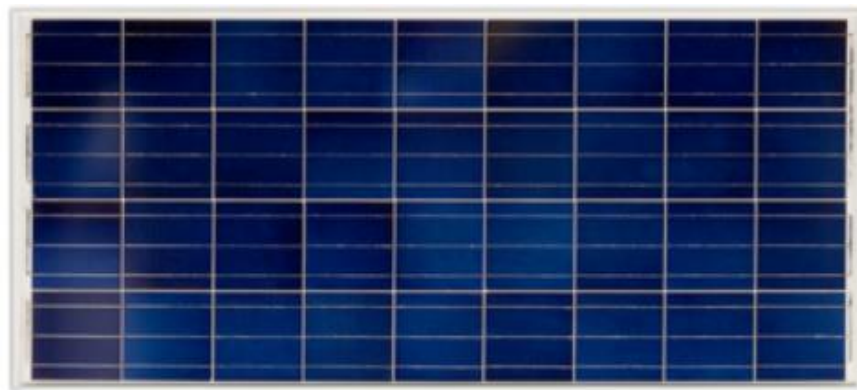


Рисунок 1.3 – Полікристалічна сонячна панель

Аморфні панелі. Цей тип сонячних елементів виготовлений за кремнієвим принципом (оскільки матеріал виготовлення – кремній) і використовує плівкові батареї, але все ж є відмінності. На сьогоднішній день існує три покоління аморфних сонячних панелей. Якщо ККД першого зразка становить всього 4 - 5%, то ККД останньої розробки досягає 12%. Зовнішній вигляд такої панелі показаний на рисунку.1.4

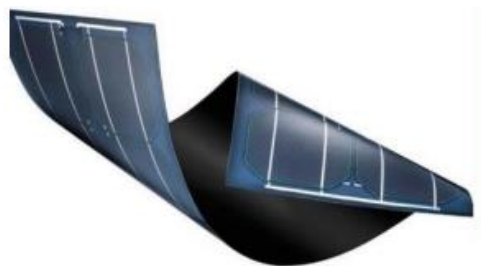


Рисунок 1.4 – Сонячна панель з аморфного кремнію.

Дуже низьке енергоспоживання і простота виготовлення роблять модулі аморфного кремнію популярними в найширшому спектрі людської діяльності. Хоча аморфний кремній широко використовується у виробництві годинників та калькуляторів, він не підходить для потужних установок. Фотоелектричні модулі, виготовлені з аморфного кремнію, ефективні в умовах низької освітленості і хмарності і краще захищені від агресивних зовнішніх впливів.

Сонячні фотоелектричні станції можна прокласифікувати за типом:

1. Мережеві
2. Гібридні
3. Автономні

Мережеві інвертори є більш потужними у порівнянні з іншими. Ці інвертори підключені до зовнішньої мережі живлення. Велика частина згенерованої ними електроенергії передається в мережу через відповідні лічильники, при чому величина навантаження самого споживання є незначною. Основним мінусом мережевої сонячної електростанції є те, що інвертори запускаються від основної мережі і при знеструмленні зовнішньої мережі інвертори відключаються та перестають генерувати енергію, яка надходить з фотоелектричних модулів. На рисунку 1.5 зображено схему підключення мережевої сонячної електростанції.

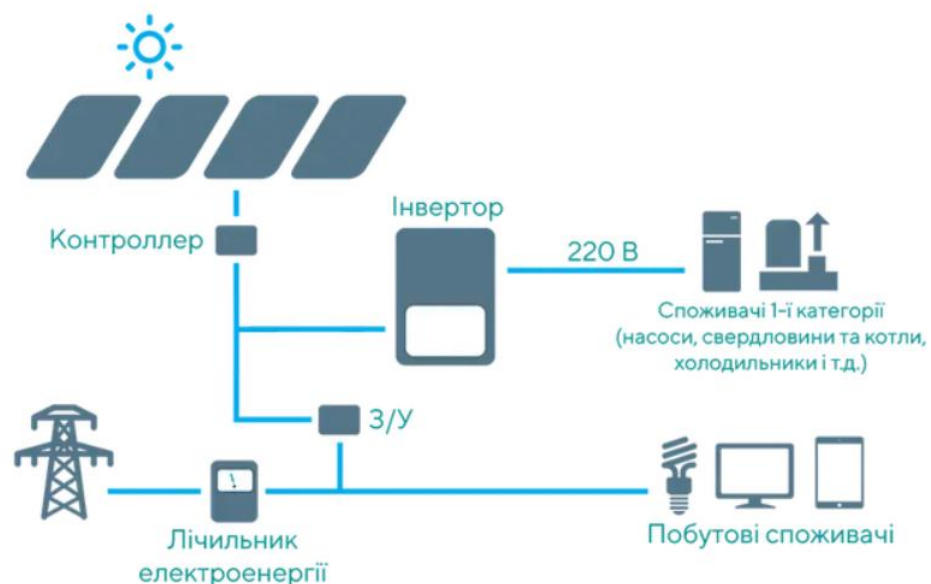
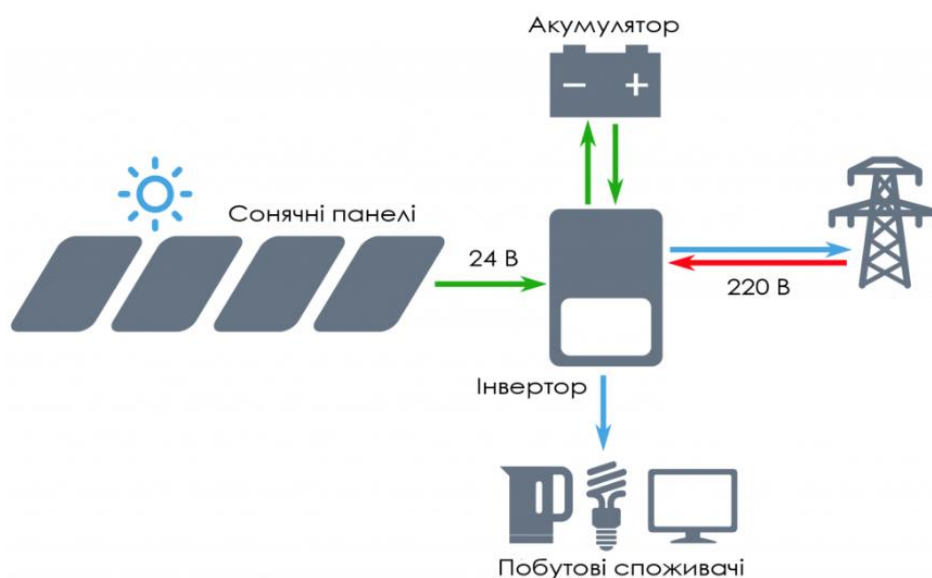


Рисунок 1.5 – Схема підключення мережевої СЕС

Гібридний інвертор призначений для задоволення потреб власного споживання електроенергії. Він розрахований на низьке енергоспоживання (низькою кількістю споживачів), а також підключений до зовнішнього джерела живлення у цьому випадку додаткова електрична енергія передається в мережу.

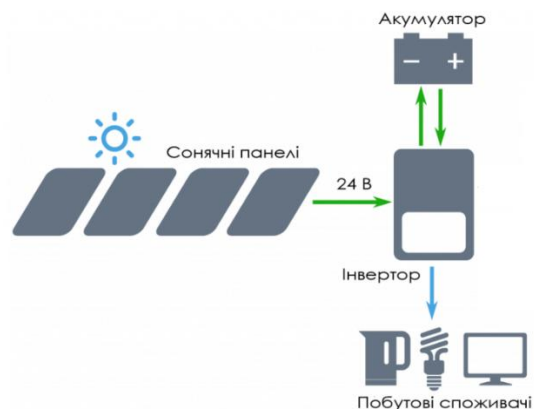
Мінусом такої сонячної станції порівняно з мережевою є потужність та ціна побудови. Так як гібридні інвертори виготовляються менш потужними в порівнянні з мережевим, то якщо взяти два інвертора однакової потужності, то ціна гібридного інвертора буде переважати у більшості випадків у два рази. Але якщо розглядати їх з точки зору роботи без мережі, то вони мають перевагу, оскільки у них доступне підключення акумуляторних батарей без стороннього обладнання. На рисунку 1.6 зображено спрощену схему підключення гібридної сонячної станції.



Рисунку 1.6 – Схема підключення гібридні СЕС

Автономні сонячні фотоелектричні станції – це системи, що використовують сонячні панелі для генерації електроенергії та зберігання її у батареях. На відміну від мережевих та гібридних станцій, цей вид СЕС не має підключення до зовнішньої мережі. Тому вони можуть бути використані для живлення окремих пристроїв або мереж електроживлення віддалених або

важкодоступних місць, де підключення до центральних електромереж недоступне або неекономічне. На рисунку 1.7 зображено схему підключення автономної сонячної станції.



Рисунку 1.7 – Схема підключення автономної СЕС

Існує декілька видів побудови сонячних станцій на різних системах кріплення:

1. СЕС із кріпленням на даху.
2. Наземні СЕС.
3. Трекінгові СЕС.
3. Плавучі СЕС.

Дахові системи кріплення використовуються для встановлення сонячних панелей на дахах будівель. Вони можуть бути зроблені зі сталі, алюмінію або інших матеріалів і можуть бути призначені для різних типів дахів (пласких, нахилених, металевих, шиферних тощо). На рисунку 1.8 зображено баластну систему кріплення СЕС для пласких дахів.



Рисунок 1.8 – Баластна система кріплення для пласких дахів.

Баластна система кріплення сонячних панелей – це універсальний та економічний варіант монтажу фотомодулів на плоских дахах. Ця система не потребує кріплення до конструкції даху, що робить її гнучким та простим у встановленні рішенням. Баластна система складається з опорних трикутників – баластних блоків, виготовлених з бетону (розміри блоку підбираються, враховуючи дані про вітрове навантаження та висоту будівлі), тому через те, що система просто розміщується на покрівлі вона не призводить до часткової розгерметизації покриття.

Системи кріплення для скатних покрівель – це тип конструкції, призначений для монтажу сонячних панелей на похилих дахах. Кріпиться за допомогою комплекту несучих профілів, притискних елементів ФЕМ та кріплення, яке засвердлюється в профілі або кроквяну конструкцію покрівлі. На відміну від баластної системи такий вид кріплення передбачає герметизацію, так як здійснюється часткова розгерметизація на покрівлі з метою закріплення до каркасу даху. На рисунку 1.9 зображено систему кріплення для скатного даху.



Рисунок 1.9 – Система кріплення для скатного даху

Наземні сонячні електростанції (НЗ СЕС) – це сонячні електростанції, які розташовані на земельній поверхні, незалежно від її типу (сільськогосподарські землі, пустельні площі, промислові майдани або інші відкриті простори). Вони можуть бути великими або малими за площею в залежності від потужності та потреб споживачів.

Основні складові НЗ СЕС включають в себе сонячні панелі (фотоелектричні модулі), монтажні конструкції (столи), інвертори для перетворення постійного струму, що генерується сонячними панелями, в змінний струм, а також трансформатори та інші компоненти для підключення до електричної мережі. Такі станції можуть бути розгорнуті у великих масштабах, що робить їх ефективними для генерації великих обсягів електроенергії та забезпечення стійкого джерела сонячної енергії для місцевих та віддалених споживачів. На рисунку 1.10 представлено вигляд наземної сонячної електростанції.



Рисунок 1.10 – Наземна система кріплення СЕС

Трекінгові сонячні електростанції – це фотоелектричні станції, які використовують електромеханічний пристрій, що відслідковує рух сонця впродовж дня та повертає фотоелектричну панель на потрібний кут вслід за ним. Така система не потребує додаткового живлення для поворотних механізмів, джерелом живлення для роботи трекара є сама сонячна панель, тому система повністю автономна в роботі. Трекінгова СЕС зображена на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Трекінгова СЕС

Плавучі сонячні електростанції – один з видів побудови СЕС із розміщення на поверхні водойм, водосховищ, озер тощо. Плавучі СЕС не займають земельні ділянки, які придатної для проживання чи інших цілей, що робить їх оптимальним варіантом для густонаселених місцевостей. СЕС такого типу набагато важчі в будівництві та експлуатації у порівнянні з наземними та даховими СЕС. На рисунку 1.12 наведено приклад плаваючої СЕС.



Рисунок 1.12 – Плаваюча сонячна електростанція

1.2 Характеристика підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика» найбільша птахофабрика в Україні та Європі, оснащена найсучаснішим обладнанням із використанням новітніх технологій. Входить до структури агроіндустріального холдингу ПрАТ МХП – «Миронівський хлібопродукт». До складу компанії входять філія "Переробний комплекс" і філія "Птахівничий комплекс". ТОВ "Вінницька птахофабрика" виробляє продукцію для торгової марки "Amour Ripple" – один з найпопулярніших брендів на українському ринку м'яса птиці.

Філії "Переробний комплекс" та "Птахівничий комплекс" ТОВ "Вінницька птахофабрика" засновані у 2011 році. Знаходиться у Вінницькій області, м. Ладизин, вул. Хлібозаводська, 14. Основні напрямки діяльності ТОВ "Вінницька птахофабрика" ПрАТ "МХП" є:

1. Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур.
2. Розведення свійської птиці.
3. Виробництво м'яса свійської птиці.
4. Виробництво та торгівля електроенергією.
5. Виробництво біогазу.
6. Роздрібна торгівля м'ясом і м'ясними продуктами в спеціалізованих магазинах.

Для виробництва високоякісної і безпечної продукції компанія використовує новітні технології для контролю та управління усіма етапами виробництва: від отримання яєць – до отримання готової продукції.

Після введення комплексу в експлуатацію у 2014 році компанія досягла 100% виробничої потужності на двох існуючих виробничих лініях. У 2018 році потужність підприємства збільшилася за рахунок введення в експлуатацію 3-ї технічної виробничої лінії. У 2012 році, за час експлуатації першої технічної виробничої лінії, проектна потужність якої склала 11,5 тисяч голів на годину, було вироблено близько 2 млн тонн продукції за рік. На початку 2019 року компанія виробляла близько 31,2 тисяч тонн готової продукції на місяць. Кожен рік продукція фабрики з успіхом продається не тільки в Україні, а й на ринках більш ніж 36 країн, у тому числі 7 європейських. Виробництво здійснюється під торговими марками "Наша ряба", "Qualiko", «Ukrainian Chicken», «AlHassanat», «Вінницькі курчата», «Sultanah», «Assilah».

Операційна діяльність ТОВ «Вінницька птахофабрика» ПрАТ «МХП» характеризується наступними показниками.

Філія «Птахівничий комплекс» станом на 2020 рік:

- інкубаторій (потужність – 75 млн. яєць/рік; вивід – 80,71 %; інкубовано яєць (шт) – 41 млн яєць/рік);
- 3 відділення;
- 19 ділянок з вирощування птиці;
- 38 пташників на кожній ділянці;

– кількість голів в 1 пташнику – 54 тис. голів.

Розроблена та спроектована СЕС розміщена на території філії «Птахівничий комплекс. Також на підприємстві впроваджено інтегровану систему управління сільськогосподарським виробництвом Global G.A.P., яка охоплює процеси вирощування птиці від отримання яйця до транспортування птиці на забій. Вимоги стандарту ґрунтуються на належній сільськогосподарській практиці (GAP – Good Agricultural Practice), системі аналізу ризиків та критичних точок контролю (Система HACCP), охороні навколишнього середовища, здоров'ї та добробуті працівників, благополуччі тварин.

1.3 Аналіз можливостей використання сонячної енергії на підприємстві

Для виготовлення яєчної продукції, вирощування та утримання курей підприємством споживається велика кількість електроенергії.

Основні системи пташника:

- система вентиляції;
- система освітлення і опалення;
- система автоматичного годування.

У кожен пташник з моменту заселення курей та увесь період їх вирощування в будівлю не повинна потрапляти людина, яка є потенційним рознощиком хвороб. Тому кожен з них потребує безперебійного живлення для успішної та безвідмовної роботи. Для прикладу, лише одна система вентиляції, яка вмикається кожні 40 секунд для урегулювання оптимальної температури в пташнику споживає дуже значну кількість електроенергії. Тому в цілях забезпечення власних потреб споживання електроенергії було прийнято рішення щодо розміщення на південних скатах покрівлі мережевої сонячної електростанції, розміщення якої не задіює шкоди у роботі пташників. Це дозволяє підтримувати сталу роботу, відкриває шлях до автономії та

безперебійної роботи у разі зникнення живлення від основного джерела потужності.

Ділянки розміщені безпосередньо на відкритому просторі, де немає сторонніх перешкод, які потенційно можуть здійснювати затінення та перешкоджати оптимальному режиму роботи сонячної електростанції. Так як покрівля скатна та виконана із азбестоцементного покрівельного шиферу, то було прийнято рішення використати кріплення для скатних дахів з закріпленням в дерев'яну обрешітку даху для надійної фіксації СЕС.

1.4 Постановка задач на проєктування

Необхідно розробити проєкт будівництва дахової сонячної станції загальною потужністю 588,6 кВт (генерація в піку) на території підприємства «Вінницька птахофабрика» на ділянці №5 (місце розташування зображено на рисунку 1.14) із вирощування курчат-бройлерів. При розробці необхідно врахувати, що розміщення СЕС буде на існуючій покрівлі пташників.



Рисунок 1.14 - Місце розташування ділянки №5
ТОВ «Вінницька птахофабрика»

Необхідно розробити проєктні рішення:

1. Здійснити розпланування фотоелектричних модулів (ФЕМ) на ділянці.

2. Передбачити встановлення стрінг-інверторів на кожній лінії підключення сонячних фотоелектричних модулів.
3. Розробити систему моніторингу.
4. Передбачити роботу СЕС паралельно з існуючим генератором.
5. Розробити рішення для автоматичного очищення ФЕМ.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Сонячна фотоелектрична станція буде генерувати електроенергію для власних потреб пташників, що призведе до значної економії коштів на електроенергії.

Завданням є розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції потужністю 500 кВт в межах підприємства ТОВ «Вінницька птахофабрика». Метою розміщення цієї сонячної електричної станції є заощадження електроенергії на підприємстві, економія коштів та досягнення автономної роботи птахофабрики під час відключень від основної мережі живлення підприємства. В якості основного обладнання для будівництва сонячної станції потужністю 500 кВт, було звернено увагу на двох великих провідних виробників обладнання для СЕС: Huawei та Solis. Здійснено порівняння основного обладнання для підключення станції. Переліки обладнання наведені в таблицях 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1 – Перелік обладнання для підключення СЕС на основі компанії Huawei

Обладнання	Найменування	Ціна за одиницю
Інвертор мережевий	Huawei SUN2000-100KTL-M2	1 010 408,35 грн.
Шафа для моніторингу		
Металевий щит	GT-60-60-20-(1 –шт.)	7 826,00 грн.
Пристрій моніторингу	Huawei Smart Logger 3000a без PLC-(1 –шт.)	23 094,00 грн.
Лічильник електроенергії	ENA33LCD-(1 –шт.)	12 600,00 грн.
Трансформатор струму	800/5A 0.5S-(3 –шт.)	550,00 грн.
Комутаційна колодка	NiK КП25-(1 –шт.)	576,00 грн.
Розетка на DIN-рейку,	t-2P+Z Schuko P-(2 –шт.)	387,20 грн.
Автоматичний вимикач	ETIMAT 6 2p C 16A-(1 –шт.)	378,40 грн.
DIN-рейка	E.Next 100см	66,56 грн.
Загальна сума		1 055 939,95 грн.

Таблиця 2.2 – Перелік для підключення СЕС на основі обладнання компанії Solis

Обладнання	Найменування	Ціна за одиницю
Інвертор мережевий	Solis 3P-100K-5G-(5 –шт.)	960 000,00 грн.
Шафа для моніторингу		
Металевий щит	GT-60-60-20-(1 –шт.)	7 826,00 грн.
Пристрій моніторингу	Solis EPM3-5G-Plus-(1 –шт.)	29 490,00 грн.
Лічильник електроенергії	ENA33LCD-(1 –шт.)	12 600,00 грн.
Трансформатор струму	800/5A 0.5S-(3 –шт.)	550,00 грн.
Комутаційна колодка	NiK КП25-(1 –шт.)	576,00 грн.
Розетка на DIN-рейку,	t-2P+Z Schuko P-(2 –шт.)	387,2 грн.
Автоматичний вимикач	ETIMAT 6 2p C 16A -(1 –шт.)	378,40 грн.
DIN-рейка	E.Next 100см	66,56 грн.
Загальна сума		1 011 927,60 грн.

Переглядаючи наведені таблиці, та порівнюючи їх, ми можемо дійти висновку, що здебільшого обладнання для підключення СЕС не відрізняється. Відмінність між ними не лише у ціні інвертора та системи моніторингу. Інвертори від компанії Huawei не тільки дорожчі по ціні, але й мають ряд переваг над інверторами компанії Solis які наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння характеристик інверторів

Характеристика	Solis 3P-100K-5G	SUN2000-100KTL-M2
Номинальна потужність	100 кВт.	100 кВт.
Максимальна вхідна потужність	130 кВт.	135 кВт.
ККД	> 98,5%	> 98,6%
Максимальна струм на один MPPT	15 А	20 А
Кількість MPPT	3	4
Вага	420 кг.	350 кг.
Габарити	1700 x 1000 x 580 мм	1630 x 840 x 550 мм
Ступінь захисту	IP65	IP66
Моніторинг	Wi-Fi, RS485, GPRS (опціонально)	Wi-Fi, Ethernet, RS485, GPRS
Гарантія	5 років	10 років

Для побудови станції ми обираємо інвертори компанії Huawei не тільки через порівняння характеристик, але й через зручність технічної підтримки і обслуговування від виробника, а також через гнучкість налагодження системи. Даний інвертор є найкращим варіантом для нашого завдання по паралельній роботі генератора з мережевим інвертором для забезпечення автономності роботи підприємства.

Характеристика проєкту для будівництва СЕС:

1. Місцезнаходження – дах пташників.
2. Інвертори – SUN2000-100KTL-M2 (трифазні) – 5 шт.
3. Загальна потужність – 500 кВт.
4. Тип панелей – Ja Solar JAM72S30-545/MR (монокристалічні) – 1080 шт.
5. Загальна потужність по панелях – 588,6 кВт*пік.
6. Система монтажу – на даху.
7. Підключення до мережі через трансформаторну підстанцію.

Забезпечення безпечного та енергоефективного виробництва, основна ціль кожного підприємства. Серед існуючих методів зниження витрат на виробництво можна знайти резерви для зниження собівартості продукції при проведенні заходів з енергозбереження, енергоефективності економії електроенергії на виробництві і підприємстві. Для того, щоб забезпечити економію електроенергії без шкоди для основної діяльності, заходи з енергозбереження на підприємстві повинні носити комплексний і систематичний характер. Також вони можуть вимагати значних капітальних вкладень.

Декілька основних заходів по енергозбереженню та енергоефективності:

1. Поліпшення природного освітлення приміщень.
2. Підвищення ступеня ефективності штучного освітлення.
3. Забезпечення ефективного використання електроенергії: передбачає більш жорсткий контроль за її споживанням за допомогою сучасних систем обліку (лічильників електроенергії).

4. Впровадження енергозберігаючих технологій.
 5. Застосування енергоефективного технологічного обладнання.
- До встановлення прийнято СЕС потужністю 588,6 кВт*пік.

Прогнозоване річне виробництво електроенергії відповідно до розрахункової програми PVsyst (рисунок 2.1) складає 673,09 МВт*год.

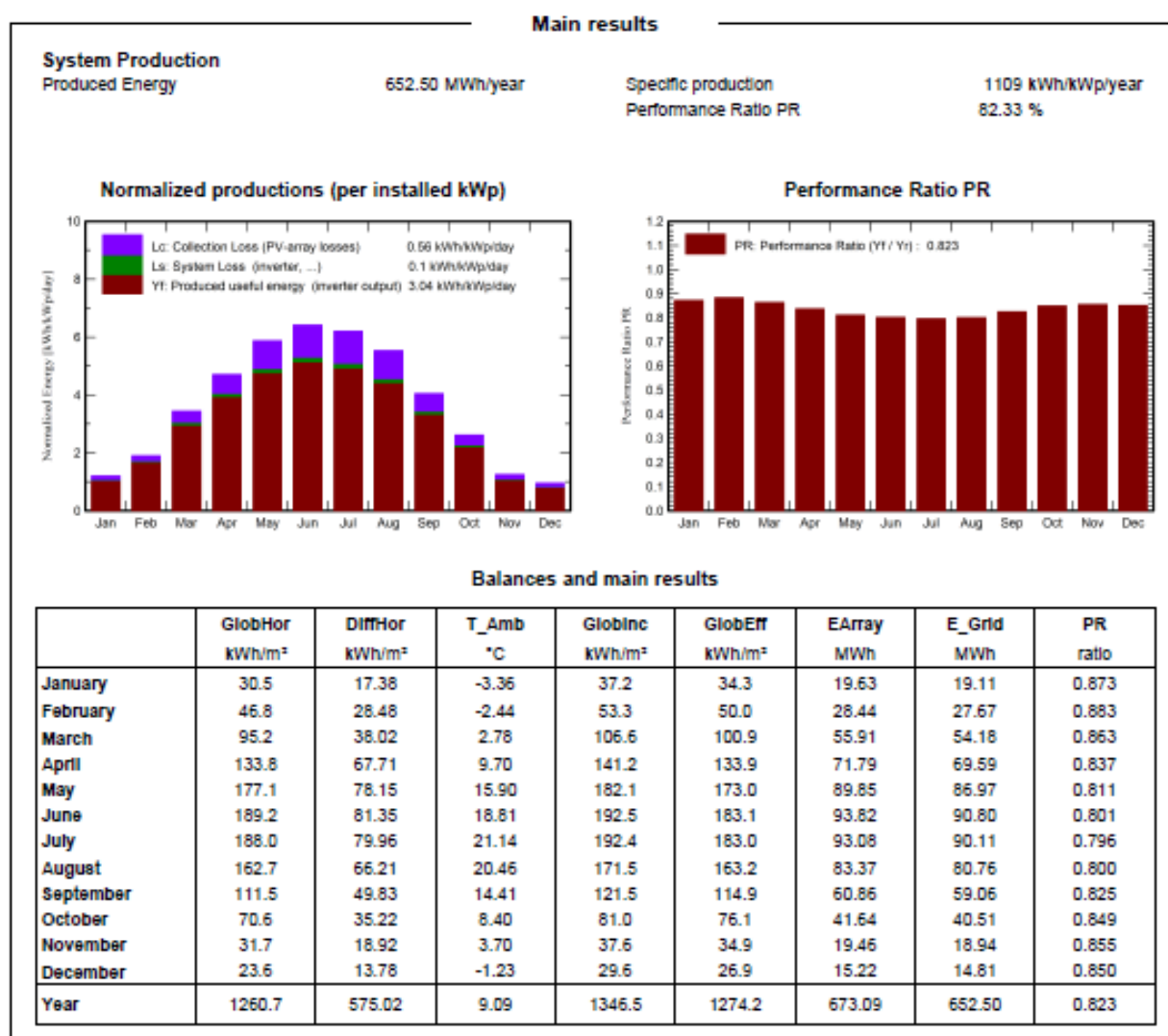


Рисунок 2.1 – Прогнозоване річне виробництво електроенергії

Прогнозована економія, відповідно до тарифу на розподіл електроенергії для непобутових споживачів 2 класу напруги у розмірі 2028,18 грн за 1 МВт*год та тарифу на передачу електроенергії для непобутових споживачів у розмірі 528,57 грн за 1 МВт*год, складає:

$$(2028,18 + 528,57) \cdot 673,09 = 1\,720\,922,85 \text{ грн.}$$

Переваги встановлення сонячної електростанції:

1. Економія коштів. СЕС генеруватиме електроенергію за значно нижчою ціною, ніж купувати її в мережі. Це призведе до значної економії коштів на електроенергії протягом 25 років експлуатації СЕС.
2. Зниження викидів парникових газів. СЕС не буде генерувати викидів парникових газів, що допоможе зменшити вплив парникових газів на довкілля.
3. Енергетична незалежність. СЕС зробить пташники більш енергонезалежними, що допоможе їм захиститися від зростання цін на електроенергію.
4. Підвищення іміджу. Будівництво СЕС продемонструє прихильність ТОВ «Вінницька птахофабрика» до екологічно чистої енергії та допоможе їм підвищити свій імідж.

Ризики, які можуть виникнути при встановленні:

1. Зміна цін на сонячні панелі та інвертори. Ціни на сонячні панелі та інвертори можуть знижуватися протягом терміну експлуатації СЕС, що може призвести до зменшення рентабельності проекту.
2. Зміна цін на електроенергію. Ціни на електроенергію можуть знижуватися протягом терміну експлуатації СЕС, що може призвести до зменшення економії коштів.
3. Погодні умови. Хмарність або снігопад, можуть знизити генерацію електроенергії СЕС.

Фінансовий аналіз:

1. Інвестиції на побудову: 10 800 000 грн.
2. Економія коштів на електроенергії: 1 720 922,85 грн/рік.
3. Термін окупності: 6,3 роки.
4. Внутрішня норма рентабельності (IRR): 23%.

Будівництво сонячної електростанції потужністю 500 кВт на даху пташників з використанням інверторів SUN2000-100KTL-M2 та сонячних

панелей Ja Solar JAM72S30-545/MR кількістю 1080 шт. є вигідним проектом, який може призвести до значної економії коштів, зниження викидів парникових газів та підвищення енергонезалежності. Ризики проекту можна мінімізувати за допомогою ретельного планування та управління.

3 ПРОЄКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Принцип роботи сонячної електростанції: електрична енергія постійного струму, що виробляється фотоелектричними модулями (ФЕМ), надходить до інверторів, де перетворюється в електричну енергію змінного струму, далі із інверторів електрична енергія змінного струму напругою 400 В надходить до споживачів електричної енергії. Зранку під дією сонячного випромінювання на фотоелектричних модулях з'являється напруга. Інвертор функціонує лише коли є напруга в мережі змінного струму. Напруга має знаходитись у фіксованих межах згідно чинних стандартів. За наявності струму від ФЕМ і напруги в мережі змінного струму, інвертор починає перетворення електроенергії постійного струму, що виробляють ФЕМ, і видає її в мережу змінного струму. Перетворювач відбирає максимальну потужність, яку здатний видати ФЕМ в мережу в будь-який момент при різному рівні сонячного випромінювання.

Роботою інвертора керують мікропроцесори, які забезпечують вихідний струм синусоїдальної форми з мінімальною похибкою та синхронізованою по фазі напругою. Застосований логічний контроль забезпечує автоматизоване функціонування інвертора і всієї СЕС, а також постійний контроль точки максимальної потужності ФЕМ і зниження втрат в черговому режимі в той час доби, коли відсутня сонячна радіація. Інвертор починає передавати генеровану потужність по кабельних лініях до шин розподілення споживачам. Перед підключенням до мережі, інвертор проводить моніторинг параметрів електричних мереж споживача і починає видачу потужності лише за умов відповідності цих параметрів внутрішнім налаштуванням інвертора. Потужність станції непостійна і напряму залежить від рівня сонячного випромінювання, рівня споживання потужності споживачами.

Тому регулювання добового графіка СЕС не передбачено, адже можливі великі коливання протягом денного часу доби, вночі СЕС не працює. Виробництво електроенергії можна передбачити лише за рік на основі аналізу багаторічних кліматичних даних.

Електростанція спроектована та налаштована таким чином, що визначені граничні показники якості електроенергії можуть бути досягнуті без додаткової модернізації електричних мереж загального призначення (окрім тієї, яка необхідна для видачі потужності електростанції).

Схема генерації та збору електроенергії на основі обладнання:

1. Фотомодулі.
2. Інвертори.
3. Система моніторингу.
4. Мережі постійного струму.
5. Мережі змінного струму;

3.1 Вибір обладнання

При виборі сонячних панелей слід враховувати їх потужність, вартість, ефективність та інші технічні характеристики. На українському ринку лідером з виробництва сонячних панелей є китайська компанія Ja Solar. Вона дотримується стандартів виробництва та має відповідні сертифікати, тому в надійності її продукції можна не сумніватися. Для даного проекту будуть обрані монокристалічні панелі марки Ja Solar JAM72S30-545/MR (потужність 45 Вт). На рисунку 3.1 зображено фотомодуль даної компанії Ja Solar.



Рисунок 3.1 – Фотомодулі Ja Solar JAM72S30-545/MR

Таблиця 3.1 – Основні параметри сонячних панелей типу JAM72S30 545/MR (компанії JA Solar)

№ п/п	Найменування показника	Показник
1	Максимальна потужність, P_m	545 Вт
2	Напруга холостого ходу, U_{xx}	49,75 В
3	Номінальна напруга, U_n	41,80 В
4	Струм короткого замикання, I_k	13,93 А
5	Номінальний струм, I_n	13,04 А
6	Відносне значення ефективності	21,3 %
7	Вага	27,3 кг
8	Розміри панелі (LxWxH)	2278x1134x35 мм
9	Робоча температура	-40 °C до +85 °C

Для підключення ФЕМ до трифазної мережі змінного струму інвертори потрібно вибирати, виходячи з вихідної потужності та необхідних параметрів.

Умови вибору інвертора наступні:

1) Загальна потужність інвертора не повинна бути нижчою за загальну потужність сонячних панелей.

2) Вихідна напруга набору сонячних панелей не повинна перевищувати максимальну вхідну напругу інвертора.

При виборі потужності інвертора слід враховувати можливість збільшення потужності навантаження і забезпечити надійність передачі повної потужності сонячних панелей в мережу. Показники ефективності інвертора від навантаження можна розглянути на рисунку 3.2.

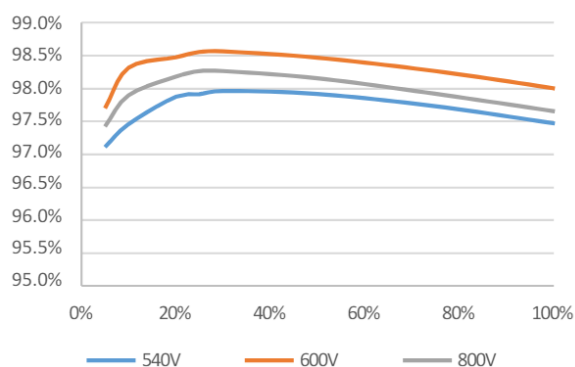


Рисунок 3.2 – Характеристика ефективності SUN2000-100KTL-M2.

Провівши аналіз пропозицій від різних виробників та порівнювавши технології, для встановлення було прийнято рішення використовувати інвертори компанії Huawei, а саме модель мережевого інвертора SUN2000-100KTL-M2 (Рисунок 3.3) параметри якого наведені в таблиці 3.2.



Рисунок 3.3 – Мережевий інвертор SUN2000-100KTL-M2.

Таблиця 3.2 – Основні параметри інвертора Huawei типу SUN2000-100KTL-M2

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Робочий діапазон МРРТ, Вт	200...1000
2	Максимальний струм на кожен МРРТ, А	22
3	Кількість МРРТ трекерів	10/2
4	Максимальний струм МРРТ трекера, А	20- на 1 стрінг
5	Номінальна потужність, кВт	100
6	Максимальна потужність, кВт	100
7	Номінальна напруга, В	1100
8	Номінальна частота, Гц	50/60
9	Вихідна напруга, В	380/400/480
10	Максимальний ККД	98,6%

Продовження таблиці 3.2.

11	Температура навколишнього середовища, °C	-25...+60
12	Габаритні розміри (LxWxH), мм	1035x700x365
13	Кількість фаз	3
14	Вага, кг	93
15	Ступінь захисту	IP66

Система моніторингу сонячних електростанцій включає моніторинг робочих параметрів її компонентів, починаючи з фотомодулів та інверторів. Отримання даних від інверторів може бути реалізовано в залежності від потужності інверторів та їх кількості. Існує декілька видів передачі даних: через модуль Wi-Fi, кабелем «вита пара» та за допомогою пристроїв, які здійснюють передачу інформації мобільним сигналом 4G/3G.

Для нашої станції ми беремо систему моніторингу для інвертора компанії Huawei. Вибрані нами інвертори мають велику потужність, тому слід врахувати їх кількість, оскільки вони не підходять під умови безкабельних систем моніторингу. Для проектування було обрано блок моніторингу Huawei Smart Logger 3000A (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Блок моніторингу Huawei Smart Logger 3000A.

Smart Logger 3000A (таблиця 3.3) здійснює моніторинг та керування системами на основі сонячних модулів. Логер конвертує всі порти, перетворює

протоколи, збирає та зберігає дані, а також централізовано контролює та підтримує роботу інверторів в комплексі промислових та домашніх сонячних електростанцій.

Таблиця 3.3 – Основні параметри блоку моніторингу Huawei Smart Logger 3000A

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Максимальна кількість підключених пристроїв:	80
2	Тип підключення:	RS485
3	Інтерфейси зв'язку:	Wi-Fi, Ethernet, Modbus-TCP
4	Захист оболонки:	IP20
5	Інсталяція:	монтажні вуха
6	Індикатор:	LCD табло
7	Вага, г:	2
8	Габаритні розміри (LxWxH), мм	225 x 160 x 44
9	Діапазон робочої температури:	-40 С...60 С
10	Вологість:	5 %...95 %

Найкраще такий смарт-логер підходить до станцій промислового типу, адже контролює роботу одразу до 80 пристроїв. Але і в станціях на основі інвертора Huawei SUN2000-100KTL-M2 буде не зайвим, адже надасть змогу здійснити повний моніторинг роботи станції і загальні параметри мережі.

Smart Logger застосовується у фотоелектричних системах. Він підтримує наступний програмний та апаратний функціонал:

1. Локальні операції з налаштування системи за допомогою програми для мобільного телефону через WLAN інтерфейс:

- стандарт RS485, що дозволяє Smart Logger підключатися до:
- таких пристроїв Huawei, як інвертори чи PID модулі;
- вимірювачі потужності, які використовують протокол DL/T645;

- приладів моніторингу навколишнього середовища, трансформаторних станціях та лічильників потужності, що використовують протокол Modbus-RTU;

- пристроїв, що використовують протокол IEC103;

2. Інтерфейс MBUS, що дозволяє Smart Logger підключатися до сонячних інверторів Huawei та PID-PVBOX, що підтримують зв'язок MBUS.

3. Підключення до систем управління:

- підключається до системи управління, яка використовує протокол Modbus TCP через дротову або бездротову мережу;

- підключається до системи управління, яка використовує протокол IEC104 у локальній мережі через дротову мережу.

Слід вибрати ще обладнання для обліку та обмеження генерації. Виходом з цієї ситуації може стати встановлення такого пристрою, як розумний лічильник, або як його ще називають – Smart Meter. Цей пристрій дозволяє реагувати на зміни у споживанні об'єкту, оперативно понижаючи потужність інвертора, нівелюючи ці обидва показники.

Розумний лічильник, або Smart Meter — це електронний пристрій, який не тільки фіксує споживання електроенергії, як звичайний електrolічильник, але й має багато додаткових функцій:

Зональний облік: Розумні лічильники можуть фіксувати споживання електроенергії протягом дня та розділяти його на кілька зон з різними цінами на електроенергію. Це дозволяє споживачам економити гроші, перенісши використання енергоємних приладів на час, коли ціни на електроенергію нижчі, наприклад, вночі. Дистанційна передача даних: інтелектуальні лічильники автоматично передають дані про використання електроенергії постачальникам, заощаджуючи час і ресурси для споживачів і енергетичних компаній.

Моніторинг мережі: деякі лічильники можуть контролювати параметри мережі, такі як напруга та струм, щоб допомогти виявити та усунути несправності та оптимізувати роботу мережі.

Управління навантаженням: інтелектуальні лічильники дозволяють постачальникам енергії дистанційно керувати споживанням електроенергії, наприклад вимикати певне обладнання в періоди пікового навантаження. Інші функції: розумні лічильники також можуть мати інші функції, наприклад: Інформація про споживання виводиться на дисплей Повідомлення про перевищення рахунку за електроенергію. При будівництві нашої СЕС ми будемо використовувати Smart Meter від відомої Словенської компанії ETI а саме модель трифазного аналізатора мережі ENA33LCD зображення якого наведено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Розумний лічильник ENA 33LCD

ENA33LCD – це універсальний вимірювальний прилад із високим класом точності, великою частотою дискретизації 25,6 кГц (при 50 Гц), різними комбінаціями входів/виходів та іншими функціями.

Лічильник ENA33LCD призначений для вимірювання та контролю електричних параметрів в 1- та 3-фазних мережах низької та високої напруги. Архітектура приладу базується на швидкому 32-бітному мікропроцесорі, який забезпечує високу обчислювальну потужність, щоб гарантувати відповідність приладу до норм IEC 61000-4-30.

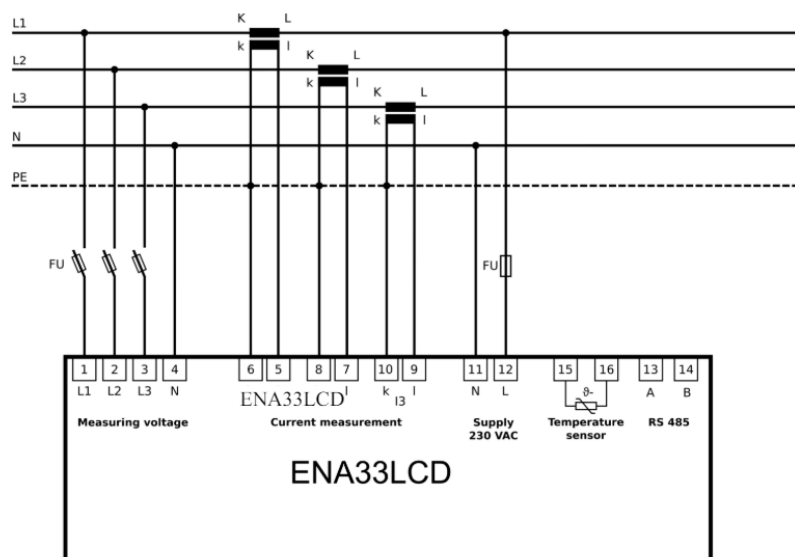


Рисунок 3.7- Схема підключення пристрою до мережі

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики лічильника

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Напруга живлення	85 ... 265 V
2	Частота мережі	50 Гц або 60 Гц
3	Межі вимірюваного струму	0,01 ... 8 A (макс постійний струм 10 A)
4	Межі вимірюваної напруги L - N	0 ... 600 V AC
5	Потужність споживання	1.5 VA
6	Первинна напруга трансформатора напруги	1 ... 750000
7	Первинний струм трансформатора струму	1 ... 10000
8	Максимальна кількість зареєстрованих відключень живлення	20
9	Порт зв'язку	зольований RS485
10	Протокол зв'язку	MODBUS RTU
11	Швидкість зв'язку	9.6 / 19.2 / 38.4 / 57.6 / 115
12	90 мм Габаритні розміри	90 x 90 x 67мм
13	Маса	465 г / 350 г
14	Ступінь захисту	задня панель IP20 / передня панель IP54

3.2 Розрахунок параметрів обладнання для побудови СЕС

Згідно розпланування ФЕМ на покрівлі пташників налічується 1080 фотомодулів загальною потужністю постійного струму – 588,6 кВт*пік, які потрібно розподілити на п'ять інверторів загальною потужністю змінного струму 500 кВт. Потужність фотомодулів має перевищувати потужність інвертора орієнтовно від 10-30%.

Дані нашого інвертора якими ми будемо керуватись при розрахунку:

1. МРРТ трекари – 10 шт. (на МРРТ можливе підключення двох блоків ФЕМ, якщо блок не перевищує обмеження). На кожен вхід МРРТ діють наступні обмеження по:

- напрузі 200-1000 В;
- струму 26 А;

2. Діапазон напруги для оптимальної роботи інвертора в межах від 540 В. до 800 В.

Для початку визначимо скільки ФЕМ нам потрібно з'єднати у один блок (стрінг).

Використаємо паралельне з'єднання для 18-ти ФЕМ в блок (стрінг), щоб збільшити напругу та залишити струм сталим.

Визначимо напругу блоку з 18 фотомодулів, використавши дані з таблиці 3.1.

$$U_{\text{мг}} = n_{\text{фем}} \cdot U_{\text{н}}, \quad (3.1)$$

де $U_{\text{мг}}$ – напруга блоку, В;

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга фотомодуля, В;

$n_{\text{фем}}$ – кількість ФЕМ у блоці.

$$U_{\text{мг}} = 18 \cdot 41,8 = 752,4 \text{ В}$$

Визначимо потужність блоку з 18 фотомодулів, використавши дані з таблиці 3.1.

$$P_{\text{мг}} = n_{\text{фем}} \cdot P_{\text{м}}, \quad (3.2)$$

де $P_{\text{мг}}$ – потужність блоку, Вт;

$P_{\text{м}}$ – максимальна потужність фотомодуля, Вт;

$n_{\text{фем}}$ – кількість ФЕМ у блоці.

$$P_{\text{мг}} = 18 \cdot 0,545 = 9,81 \text{ кВт}$$

Визначимо номінальний струм блоку з 18 фотомодулів. При послідовному з'єднанні фотоелектричних модулів номінальний струм залишається сталим $I_{\text{н}} = 13,04 \text{ А}$.

Один МРРТ трежер має два входи для блоків ФЕМ, тобто наш блок має напругу 752,4 В, що є задовільним, а також струм 13,04 А, що також є задовільним.

Тепер розрахуємо скільки блоків нам необхідно, щоб отримати достатнє перевантаження по потужності.

$$P_{\text{мас}} = P_{\text{мг}} \cdot n_{\text{б}}. \quad (3.3)$$

де $P_{\text{мг}}$ – потужність блоку, Вт;

$P_{\text{мас}}$ – потужність масиву ФЕМ, Вт;

$n_{\text{б}}$ – кількість блоків на інвертор.

$$P_{\text{мас}} = 9,81 \cdot 12 = 117,72 \text{ кВт}$$

Отже, ми використаємо 12 блоків по 18 панелей в один блок це 216 панелей на інвертор, що забезпечить нам завантажений в межах норми інвертор потужністю 100 кВт. Загальна кількість ФЕМ 1080 шт, що дає змогу перевантажити п'ять інверторів на 17,7%, що забезпечить оптимальні умови для генерації.

Далі потрібно підібрати кабель змінного струму від п'яти інверторів до щита збору потужності та від щита збору до одної з КТП розміщеної на території підприємства.

3.3 Підбір та перевірка кабелів постійного та змінного струму.

Перевіримо кабель 0,4 кВ змінного струму за тривало-допустимим струмом.

Від інверторів In-1- In-5 до ЩР.

Визначимо розрахунковий струм:

$$I_{\text{розр}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi}, \quad (3.4)$$

де $I_{\text{розр}}$ – розрахунковий струм, А;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність інвертора, Вт;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга, В;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

$$I_{\text{розр}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 144,3 \text{ А}$$

Кабельна лінія (КЛ) між In-1 та ЩР має довжину 63 м. Приймаємо до розрахунку кабель марки АВВГ-4х95 мм² з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 183 \text{ А}$

Застосуємо наступні коригувальні коефіцієнти:

$$I_{\text{доп.с}} = I_{\text{доп}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot k_7; \quad (3.5)$$

де $I_{\text{доп.с}}$ - допустимий струм кабелю, із врахованими умовами прокладання, А;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм кабелю, який встановлено виробником, А;

k_1 – коригувальний коефіцієнт для температури навколишнього середовища ($k_1 = 0,894$ для $t \ 36^\circ$ – для м. Вінниця) (табл. 1.3.10 ПУЕ2017);

k_2 – коригувальний коефіцієнт для кабелів, які прокладаються в двошаровій трубі ($k_2 = 0,932$ відповідно до табл. 8.6 СОУ40.1);

k_2 – коефіцієнт перевантаження ($k_2 = 1,16$ для повітря) (п.1.3.16 ПУЕ2017);

k_3 – коефіцієнт для 4-х одножильних кабелів ($k_3 = 0,93$, п.1.3.12 ПУЕ2017).

$$I_{\text{доп.с}} = 183 \cdot 0,894 \cdot 0,932 \cdot 1,16 \cdot 0,93 = 164,49 \text{ А}$$

Виконаємо перевірку:

$$I_{\text{доп.с}} > I_{\text{розр}}; \quad (3.6)$$

$$164,49 \text{ А} > 144,3 \text{ А}$$

Умова виконується.

Обираємо до прокладання кабель АВВГ 4х95.

Визначимо розрахунковий струм кабельної лінії (КЛ) між Іп-2 та ЩР має довжину 60 м. Приймаємо до розрахунку кабель марки АВВГ-4х95 мм² ($I_{\text{доп}} = 183 \text{ А}$).

Допустимий струм для КЛ Іп-2 та ЩР з умовами прокладання за формулою (3.5).

$$I_{\text{доп.с}} = 183 \cdot 0,894 \cdot 0,932 \cdot 1,16 \cdot 0,93 = 164,49 \text{ А}$$

Виконаємо перевірку:

$$I_{\text{доп.с}} > I_{\text{розр}}; \quad (3.7)$$

$$164,49 \text{ А} > 144,3 \text{ А}$$

Умова виконується.

Обираємо до прокладання кабель АВВГ 4х95.

Для КЛ інверторів №3 та №4 переріз кабелю залишається таким же як і для інверторів №1 та №2.

Визначимо розрахунковий струм кабельної лінії (КЛ) між Іп-5 та ЩР має довжину 141 м. Приймаємо до розрахунку кабель марки АВВГ-4х120 мм² із $I_{\text{доп}} = 212 \text{ А}$.

Допустимий струм для КЛ Іп-2 та ЩР з умовами прокладання за формулою (3.6).

$$I_{\text{доп.с}} = 212 \cdot 0,894 \cdot 0,932 \cdot 1,16 \cdot 0,93 = 190,55 \text{ А}$$

Виконаємо перевірку:

$$I_{\text{доп.с}} > I_{\text{розр}}; \quad (3.8)$$

$$190,55 \text{ А} > 144,3 \text{ А}$$

Умова виконується.

Обираємо до прокладання кабель АВВГ 4х120 мм².

Визначимо розрахунковий струм для ЩР.

$$I_{\text{розр}} = \frac{\frac{P_{\text{ном}}}{n f}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} \quad (3.9)$$

де $I_{\text{розр}}$ – розрахунковий струм, А;

$P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність інвертора, Вт;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

$n f$ – кількість кабелів в фазу.

$$I_{\text{розр}} = \frac{\frac{500}{3}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,98} = 245,47 \text{ А}$$

Визначимо розрахунковий струм кабельної лінії (КЛ) між ЩР та КТП має довжину 15 м. Приймаємо до розрахунку кабель марки АВВГ-1х240 мм²

з'єднавши їх по три в фазу для збільшення пропускної спроможності АВВГ-3х(3х(1х240))+2х(1х240) мм² із $I_{\text{доп}} = 401 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп.с}} = 401 \cdot 0,894 \cdot 0,932 \cdot 1,16 \cdot 0,93 = 360,44 \text{ А}$$

Виконаємо перевірку:

$$I_{\text{доп.с}} > I_{\text{розр}}; \quad (3.10)$$

$$360 \text{ А} > 245,47 \text{ А}$$

Умова виконується.

Обираємо до прокладання кабель АВВГ 3х(3х(1х240))+2х(1х240) мм².

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків

Ділянка	U, кВ	P _{max} , кВт	I _{доп} , А	I _{розр} , А	cosφ	Тип кабелю	I _{доп.} с, А	Довжин а, м
In-1 - ЩР	0,4	100	183	144,3	1	АВВГ 4х95	164,4 ₉	63
In-2 - ЩР	0,4	100	183	144,3	1	АВВГ 4х95	164,4 ₉	60
In-3 - ЩР	0,4	100	183	144,3	1	АВВГ 4х95	164,4 ₉	86
In-4 - ЩР	0,4	100	183	144,3	1	АВВГ 4х95	164,4 ₉	83
In-5 - ЩР	0,4	100	212	144,3	1	АВВГ 4х120	190,5 ₅	141
ЩР-КТП	0,4	500	401	245,47	0,98	АВВГ 3х(3х(1х240)) +2х(1х240)	360,4 ₄	15

Перевірка кабелів 0,4 кВ за втратами напруги. Для перевірки правильності вибору перерізів провідників за умовою забезпечення нормованих рівнів напруги перевіримо втрати напруги в точках приєднання найбільш віддалених споживачів за методикою наведеною у стандарті ІЕС 60364-5-52:2009. Для інвертора In-1 загальний спад напруги буде складатись зі спадів напруги на ділянках:

- від інвертора до точки підключення генерації у шини 0,4 кВ розподільчого щита:

$$\Delta U_{L1} = \sqrt{3} \cdot I_{L1} \cdot (R_{L1} \cdot \cos \varphi + X_{L1} \cdot \sin \varphi) \cdot \left(\frac{L}{1000}\right); \quad (3.11)$$

де ΔU_{L1} – втрати напруги у відповідній лінії, В;

I_{KL} – номінальні струми навантаження відповідної лінії, А;

R_{KL} – активний опір лінії приведений до 35° С відповідно до вимог ІЕС 60364-5-52, Ом;

X_{KL} – реактивний опір лінії, Ом;

$\cos \varphi = 1$;

$\sin \varphi = 0$.

$$\Delta U_{L1} = \sqrt{3} \cdot 144,3 \cdot (0,338 \cdot \cos \varphi + 0,081 \cdot \sin \varphi) \cdot \left(\frac{63}{1000}\right) = 2,8 \text{ В};$$

$$\Delta U_{In-1}^{\%} = \frac{\Delta U_{L1}}{U_{НОМ}} \cdot 100\% = 0,49\%. \quad (3.12)$$

$$\Delta U_{In-1}^{\%} = \frac{4,062}{400} \cdot 100\% = 1,015\%.$$

Проведено аналогічний розрахунок для інших кабелів. Результати розрахунків наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Втрати напруги в кінцевих точках приєднань.

Приєднання	Інав, А	L, м	Кабель	Uн , В	ΔU , В	ΔU , %
In-1-ЩР	144,3	63	АВВГ 4х95	400	2,8	0,7
In-2-ЩР	144,3	60	АВВГ 4х95	400	2,73	0,68
In-3-ЩР	144,3	86	АВВГ 4х95	400	3,92	0,98
In-4-ЩР	144,3	83	АВВГ 4х95	400	3,78	0,945
In-5-ЩР	144,3	141	АВВГ 4х120	400	6,43	1,6
ЩР-КТР	245,47	15	АВВГ 3х(3х(1х240))+ 2х(1х240)	400	4,9	1,225

3.4 Підбір апаратів захисту

Перевірка перетину провідників за умовою відповідності апаратам захисту.

Для встановлення на кабелі від інверторів до ЩР обрано автомати типу EB2 160/3S 160A 3р (36кА) (рисунок 3.8) у кількості 5 шт. Паспортні дані наведено в таблиці 3.7.

Виконаємо перевірку за умовою:

$$I_{ном.авт} > I_{роз} \quad (3.13)$$

де $I_{роз}$ – розрахунковий струм, А;

$I_{ном.авт}$ – номінальний струм автомату захисту, А.

$$160\text{ А} > 144,3\text{ А}$$

Умова виконується



Рисунок 3.8 – Автоматичний вимикач EB2 160/3S 160A 3р (36кА)

Таблиця 3.7 – Характеристики автоматичного вимикача.

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Кількість полюсів	3
2	Номінальний струм	160 а
3	Напруга	2
4	Тип напруги	АС
5	Вимикаюча здатність	36кА
6	Габаритні розміри (LxWxH), мм	155 x 90 x 68
7	Діапазон робочої температури:	-25 С...50 С
8	Ступінь пиловологозахисту	IP20

Розраховані раніше, при виборі автоматичних вимикачів, значення струмів і напруг справедливі і для рубильників, встановлених послідовно з вимикачами.

Для встановлення на кабелі від ЩР до КТП прийнятий вимикач навантаження ETI LBS CO 1000 3р (рисунок 3.9) у кількості 1 шт, паспортні дані якого наведено в таблиці 3.9.



Рисунок 3.9 – Вимикач навантаження ETI LBS CO 1000 3р

Таблиця 3.8 – Характеристики вимикача навантаження.

З/п	Найменування показника	Показник
1	Номінальний струм	1000 А
2	Номінальна напруга ізоляції	1000 В
3	Номінальна напруга ізоляції імпульсна	12 кВ
4	Струм короткого замикання	35кА
5	Механічний ресурс	4 тис. циклів
6	Втрати потужності на одне полюс	52,2 Вт

Виконаємо перевірку за умовою

$$I_{ном.вим} > I_{роз,щр} \quad (3.14)$$

де $I_{роз,щр}$ – розрахунковий струм, А;

$I_{ном.вим}$ – номінальний струм автомату захисту, А.

$$I_{роз,щр} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1} = 721,6 \text{ А} \quad (3.15)$$

$$1000 \text{ А} > 721,6 \text{ А}$$

Умова виконується.

Для з'єднання панелей з інвертором використовують кабель постійного струму (сонячний кабель). Якщо необхідно з'єднати фотомодулі, які знаходяться на певній відстані один від одного необхідно використати з'єднувачі (конектори MC4) та додатковий кабель.

Перевіримо кабель постійного струму TOP SOLAR PV ZZ-F (AS) 1x6 мм² панелей JAM72S30-545/MR компанії Ja Solar.

Допустимий струм кабелю складає 67 А згідно технічних даних виробника.

Струм блока складає 13,04 А.

$$I_{дон} > I_{роз} \quad (3.16)$$

$$67 \text{ A} > 13,04 \text{ A}$$

Умова виконується.

Для роботи системи моніторингу до логера слід підключити інвертори, які в свою чергу з'єднуються між собою послідовно. Після чого логер потрібно приєднати до технічного приміщення, яке має доступ до мережі інтернет до якого також здійснюється підключення розумного лічильника

При підключенні усієї системи моніторингу ми будемо використовувати інтернет кабель марки КППЕт-ВП (100) з перерізом $4 \times 2 \times 0,51 \text{ мм}^2$ для зовнішнього прокладання, який стійкий до ультрафіолетового випромінювання.

3.5 Розробка автоматизованої системи очистки сонячних панелей

Системи автоматичної очистки сонячних панелей розробляються та використовуються з метою забезпечення ефективної роботи сонячних електростанцій. Очищення сонячних панелей є важливим завданням оскільки це дозволяє забезпечити максимальний збір сонячної енергії якщо на панелях присутні забруднення і пил то їх генерація буде значно меншою. При ручному очищенні витрачається багато часу та зусиль. Тому для забезпечення якості очищення слід задуматись над одною з автоматичних систем очистки.

Актуальність до таких пристроїв обумовлена різким зниженням ефективності фотоелектричних модулів через забруднення навколишнього середовища.

Щоб максимізувати вплив сонячних елементів на сонячну радіацію. У зовнішньому середовищі де пил та бруд починає накопичуватися на поверхні фотоелектричної панелі, що в кінцевому підсумку зменшує ефективність сонця, що опромінює поверхню фотоелектричної панелі. Подібним чином шари пташиного посліду, льоду та солі на сонячних панелях запобігають

потраплянню сонячної радіації на сонячні панелі. Для вирішення цих проблем використовуються системи очищення сонячних елементів. Серед різних технологій, що використовуються для очищення сонячних панелей, автономні процеси очищення стали провідною технологією очистки сонячних батарей.

Аналізуючи різні технології можна підкреслити роботу дронів за допомогою щіток для сонячних панелей, та систем очищення Ecoria E4 і Nomad, можна вивчити різні методи очищення.

Дрони з вбудованими щітками для сонячних панелей літають дуже близько до поверхні сонячної панелі, очищаючи панель тиском повітря, злегка протираючи поверхню панелі хвостом (щіткою). Найбільша перевага використання таких дронів полягає в тому, що дуже невелика площа дрона знаходиться безпосередньо на сонячній панелі. Це значно знижує ймовірність пошкодження панелі. Дрон такого типу зображений на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Дрон для очищення сонячних панелей

Роботи Ecoria використовують дещо інші технології для очищення сонячних панелей. Система оснащена направляючою, встановленою на верхній частині сонячної панелі, як зображено на рисунку. 3.11.

Каркас направляючого бруса можна переміщати горизонтально по масиву панелей. Щоб рухатися зверху вниз, робот переміщається по змонтованому навколишньому каркасу. Пристрій оснащений великою щіткою, виготовленою з мікрофібри яка з'єднується з головкою. Система оснащена власним акумулятором, він заряджається від власної сонячної

батареї. Особливості цього накопичувача енергії. Дозволяють системі очищати панель в нічний час. Крім того, система також може керуватись через мережу.



Рисунок 3.11 – Очисна система Ecorria E4

Система очищення сонячних панелей використовує воду та горизонтально розміщену щітку, як показано на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Система очищення Nomad

До рухомих вузлів системи закріплюється горизонтальні щітки. Щітка, яка перебуває в постійному контакті з панеллю, коли компоненти системи рухаються, вода бризкає на панелі, щітки треться об панелі, під час тертя з панеллю, то з її поверхні видаляється увесь наявний бруд.

Очисні системи Nomad дуже схожі на системи Есоріа. Основна відмінність між типами очисних роликів, що обертаються по поверхні панелі. В еко-одноранговій системі невеликий візок, включаючи щітку, рухається по масиву. Основною відмінністю системи Есоріа, система Nomad не має великої кількості двигунів, ременів або шківів. Вона містить тільки 2 двигуна, які використовуються для горизонтального переміщення щітки.

З урахуванням цих 3 пристроїв було проведено порівняльне дослідження для виявлення та кількісної оцінки подібностей та відмінностей із запропонованим рішенням, шляхом спостереження за комунікаціями, підключеними системами водопостачання та рециркуляційними установками. Як зазначено в таблиці 3.9, запропоноване рішення відрізняється від попередніх 3-х проектів використанням Bluetooth в якості опорної системи зв'язку, на заміну системи Wi-Fi.

Таблиця 3.9 – Порівняльна характеристика систем очистки панелей

Найменування показника	1	2	3	Прототип
Передача даних		Wi-Fi	Wi-Fi	Bluetooth
Система водопостачання		+	+	+
Переробка води		+		+
Обробка даних про вихідну потужність				+

Хочу звернути увагу, що система водопостачання в моєму проекті ґрунтується на принципах, запозичених з попередніх проектів (другого та третього). Важливо зазначити, що лише другий з них має схожу систему рециркуляції води.

Блок схема запропонованої системи зображена на рисунку 3.13.

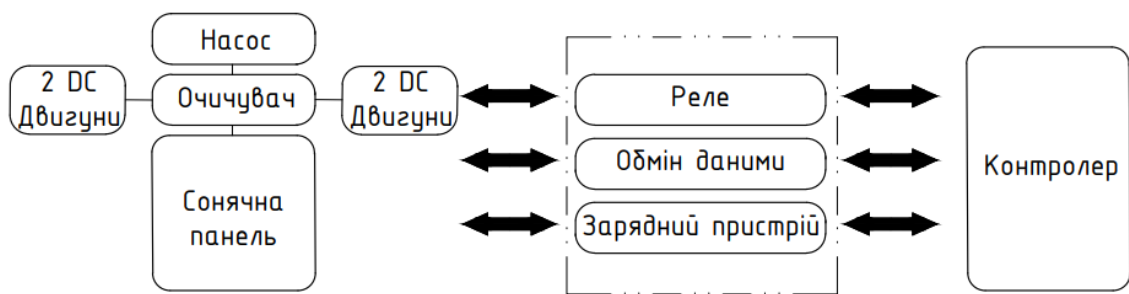


Рисунок 3.13 – Блок схема системи.

В системі є дві основні групи підсистем: механічна, яка розміщена у лівій частині наведеної блок-схеми, і система управління, показана в середині і правій частині блок-схеми.

В механічну підсистему входять корпус, на якому змонтовані двигуни постійного струму, очищувач, та підставка, яка утримує водяний насос, сонячну панель разом із акумуляторною батареєю.

Підсистема управління включає реле, сонячні зарядні пристрої, модуль Bluetooth та мікроконтролери.

Підсистема управління включає в себе: реле, сонячний зарядний пристрій, модуль Bluetooth та мікроконтролер.

Підсистема зв'язку. Bluetooth і WI-FI для запуску очищувача вручну. Щоб запустити очищувач вручну, я вирішив використовувати Bluetooth замість WI-FI. Таким чином, для зв'язку між контролером зарядки та Raspberry Pi використовується аналог Bluetooth, тому ми зможемо зчитувати дані з контролера MPPT.

Підсистема автоматичного керування складається з: датчика пилу та аналізу даних, автоматичного запуску, системи очищення. Було вирішено використати продуктивність фотомодуля для зчитування даних та аналізу. Для цього буде використаний контролер Raspberry Pi, щоб збирати дані з контролера заряду, а потім приймати рішення щодо очищення.

Підсистема живлення складається із сонячної панелі 100 Вт. Для нашого проекту достатньо сонячної панелі потужністю 100 Вт із вбудованими колоїдно-кислотними елементами, характеристики роботи яких наведені в таблиці. 3.10. Насправді автоматизовані системи споживають приблизно 50% потужності своїх батарей під час безперервної роботи.

Таблиця 3.10 – Параметри сонячної панелі

Найменування показника	Показник
Номинальна напруга	12 В
Кількість відділень	6
Термін служби	5 років
Номинальна потужність при 25 град. С	
20 робочих годин (3.4 А, 10.8 В)	68 А*год
10 робочих годин (6.5 А, 10.8 В)	65 А*год
5 робочих годин (11 А, 10.5 В)	55 А*год
1 робоча година (45.1 А, 9.6 В)	45,1 А*год

Для роботи пристрою із очищення панелей нам потрібно розрахувати потужність, яка потрібна системі для визначення ємності акумулятора, необхідної для живлення системи. Дані занесені в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Розрахунок щоденного споживання енергії

Споживач	К-сть, шт	Робота (год/день)	Напруга , В	Струм, А	Потужність, Вт	Спожита потужність Вт. год/день
ДС двигун	4	0.017	12	0.5	24	0.4
Насос воодяний	1	0.017	12	1.6	19,2	0.32
Raspberry Pi	1	24	5	1.8	9	216
Контролер заряду	1	24	12	0.02	0.24	5.76
Всього спожито						222.48

Визначивши споживану потужність системи на день, розрахуємо потужність системи на годину.

Розрахуємо споживану потужність за годину.

$$\frac{222.5 \text{ Вт} \cdot \text{год}}{24 \text{ год}} = 9.27 \text{ Вт} \quad (3.17)$$

Однак, згідно з характеристиками (таблиця 3.10), акумулятор подає 10,8 В. Розрахуємо споживання системи автоматизації.

$$\frac{9.27 \text{ Вт} \cdot \text{год}}{10.8 \text{ В}} = 0.86 \text{ А} \quad (3.18)$$

Розрахуємо добове споживання.

$$\frac{65 \text{ А} \cdot \text{год}}{0.86 \text{ А}} = 75 \text{ год} \quad (3.19)$$

Загальна спожита потужність системою автоматизації (як загальна ємність акумулятора за день):

$$\frac{0.017 + 0.017 + 24 + 24}{75} \cdot 100 = 64\% \quad (3.20)$$

Система управління цього проекту розділена на 3 підсистеми: управління двигуном постійного струму, управління водяним насосом і управління контролем заряду. Кожна підсистема управляється за допомогою Raspberry Pi.

Raspberry Pi3 model B + використовується для управління швидкістю обертання та напрямком обертання двигуна постійного струму 12 В. Він закодований і підключений до приводу двигуна. Однак необхідне регулювання швидкості та напрямку може бути досягнуто шляхом заміни приводу двигуна двома реле та паралельного підключення двигуна. Окрім того, така заміна допоможе суттєво знизити вартість нашого проекту.

Система управління насосом розроблена з використанням тільки одного реле. Я перевіряв різний час у контрольному коді, час буде відповідати умовам. Схема керування двигунами постійного струму та насосом розроблена за допомогою 4-канального реле SRD-05vdc-SL-C. Показана принципова схема управління двигуном постійного струму і водяним насосом на рисунку. 3.14.

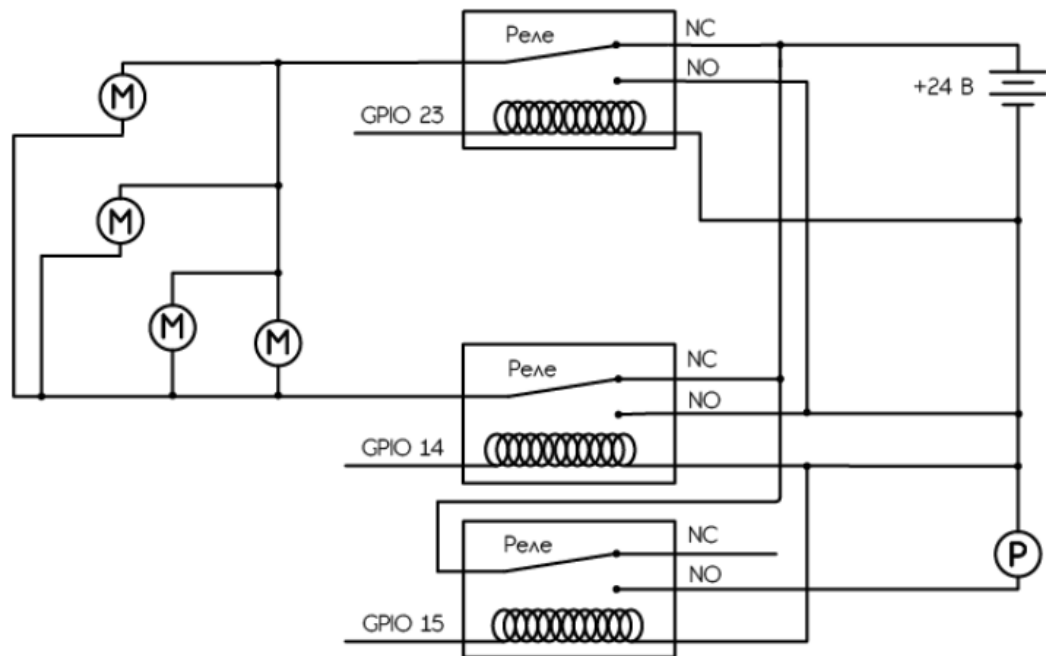


Рисунок 3.14 – Принципова схема двигунів та управління водяним насосом

Як зображено на рисунку 3.14, два реле керують 4 двигунами (вперед і назад) і одне реле відповідає за насос (увімкнено або вимкнено). А вибраний контролер заряду Victron MPPT витягує інформацію про генеративну потужність з контролера заряду на Raspberry Pi. Для визначення забрудненості написано програму на мові програмування C++, алгоритм роботи якої зображено на рисунку 3.15. Виявлення забруднення на панелі управління буде базуватись по 3 факторам: активна потужність, час і погодні умови.

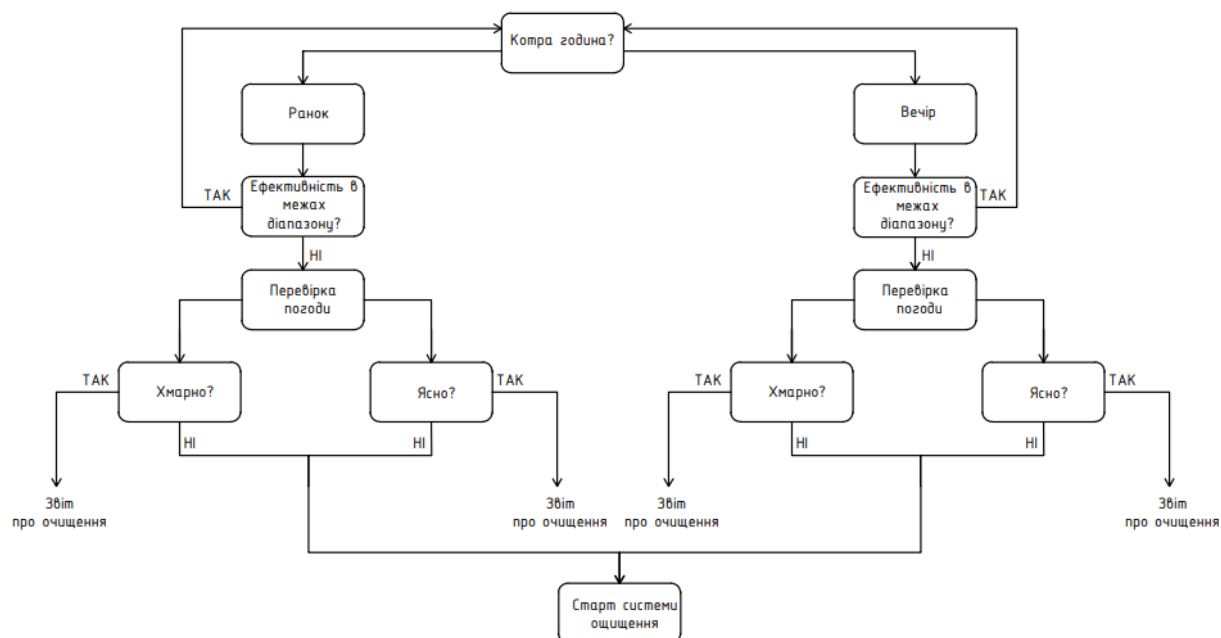


Рисунок 3.15 –Алгоритм очистки сонячної панелі

Для контролю швидкості двигунів використовуються двигун Adafruit DC та кроковий двигун НАТ, які показані на рисунку 3.16.

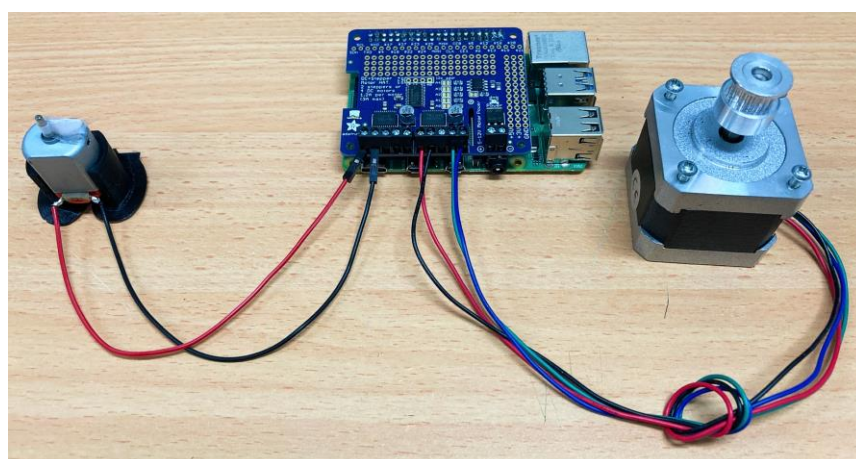


Рисунок 3.16 –Двигун Adafruit DC та кроковий двигун НАТ

Adafruit може керувати до 4 двигунами постійного струму або до 2 кроковими двигунами з новим ШІМ-регулятором швидкості. Двигун управляється струмом 1,2 А на канал і 4-годинним мостовим драйвером tb6612 із захистом від перегріву. Максимальний струм 3 А із внутрішнім діодом

захисту від відскоку. Драйвер може управляти двигуном від 4,5 В до 13,5 В постійного струму. Після підключення 4 двигунів постійного струму до цього драйвера був написаний код для контролю швидкості та напрямку руху.

Контролер заряду сонячної батареї Victron (рисунок 3.17) використовується для управління сонячними панелями і акумуляторами, одночасно будучи джерелом даних. Він оснащений гнучким алгоритмом зарядки, захистом від перегріву і зниженням енергоспоживання при високих температурах. Це дає користувачеві інформацію про напругу та ефективність сонячної панелі в часовій області.



Рисунок 3.17 – Контролер сонячної зарядки Victron

Також, додавши Bluetooth ключ VE.Directly, користувачі можуть відображати дані в режимі реального часу та історію використання смартфона. Крім того, ці дані відстежуються та отримуються за допомогою Raspberry Pi.

Щоб прочитати дані, передані із зарядного пристрою на Raspberry Pi, спочатку потрібно підключити Bluetooth-ключ VE.Direct. Фактичними даними, отриманими контролером MPPT, є транзисторно-транзисторна логіка (TTL), надана та описана виробником. Таким чином, майбутня робота проекту полягає у завершенні взаємодії між контролером mpd та Raspberry Pi для прийняття рішення про очищення.

Як описано в попередньому алгоритмі, вам потрібно використовувати API Open weather map для застосування коефіцієнтів погоди. Це послуга, яка надає сучасні дані про погоду, прогнози та інші дані про погоду розробникам веб-служб та мобільних додатків. Joson надає API з кінцевими точками xml та html та обмеженим рівнем безкоштовного використання. Користувач може запитувати актуальну інформацію про погоду, розширені прогнози та графічні карти (показуючи Хмарний покрив, швидкість вітру, тиск та кількість опадів). Однак рішення, що стосуються прибирання, приймаються на основі показників ефективності.

Розрахунок річного виробництва сонячної енергії.

$$E = A \cdot r \cdot H \cdot PR \quad (3.21)$$

де A – площа поверхні фотомодуля, мм^2 ;

r – ефективність сонячного фотомодуля;

H – середньорічна сонячна радіація;

PR – коефіцієнт втрат у системі.

Згідно таблиці 3.1 розрахуємо площу поверхні сонячної панелі.

$$A = 1,134 \cdot 2278 = 2.58 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт ефективності / втрат (PR) становить 100%, тобто 0,75 – це мінус загальні втрати за межами мережевої системи.

Середньорічна сонячна радіація (H) в Україні зображена на рисунку 3.18. У Вінницькій області у с. Михайлівка становить близько 2 1168 кВт/м^2 .

Згідно (3.21):

$$E = 2.58 \cdot 0.197 \cdot 1241 \cdot 0.75 = 473 \text{ кВт}$$

При застосуванні системи очищення, втрати через забруднення які досягають (близько 10%). Таким чином, загальний збиток за межами мережевої системи складе 13,45%. Таким чином, коефіцієнт втрат збільшується, і, відповідно, збільшується річна вироблення сонячної енергії.

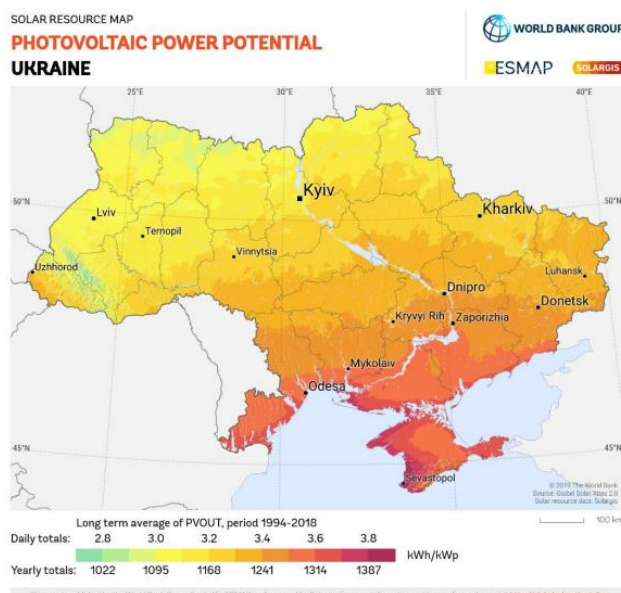


Рисунок 3.18 – Потенціал фотоелектричної енергії в Україні

3.6 Розробка автоматизованої системи резервного живлення

Для забезпечення повної автономії об'єкту після зникнення основної мережі живлення, прийнято рішення налагодити паралельну роботу існуючого генератора та мережевої сонячної станції.

Вимоги для автономної роботи мережевого інвертора та генератора. Генератор має виступати в ролі замітника стандартної мережі. Умови для роботи генератора: отримання опорної частоти напруги та зміщення фаз (для трохфазних систем), завдяки цим основним умовам інвертор зможе сприйняти штучну мережу створеної генератором та розпочати свою роботу. Також ще одною умовою є наявність якісного заземлення на об'єкті, а також об'єднання нуля та землі на стороні інвертора для стабільної роботи чутливого обладнання.

Балансування власної мережі підприємства (мікромережі). Для мікромереж (генератор + інвертор + навантаження) питання їхнього балансу особливо актуальне, так як немає пристроїв для акумулювання енергії. В ідеальному випадку таких систем, номінальна потужність споживання не повинна перевищувати номінальну потужність найменшого джерела генерації в нашому випадку це генератор. При застосуванні балансуючих пристроїв,

систем потрібно враховувати фактор реакції на зміну потужності, яку повинен покрити сонячний інвертор але за час реагування системи генератор повинен витримати це додаткове навантаження. Час реакції буде визначатись: з часу опитування лічильника, генерації команди на зміну потужності, отримання команди керованим пристроєм, зміною потужності на виході з інвертора.

Обмеження перетоку від інвертора до генератора. Реалізація балансу мікромережі може досягатись 2 способами – обмеження перетоку за допомогою окремого лічильника (і вбудованого обмежувача) та за допомогою окремого контролера.

Використання вбудованого обмежувача, який підключається до додаткового лічильника по інформаційній мережі RS-485, який в свою чергу підключається в якості опорного джерела мережі в генератор. Це робиться для того, щоб інвертор не видавав ніякої потужності на генератор і підтримував стабільний рівень його завантаження. Налаштування пристрою керування інвертором для роботи за наведеним принципом. Налаштування здійснюється через додаток FUSION SOLAR (рисунок 3.19) або веб версію додатка кроки, які потрібно виконати для роботи.

Доступ до подібного меню:

1. Налаштування потужності.
2. Керування мережевою точкою.
3. Актуальна потужність.

В даному меню потрібно змінити наступні параметри:

1. Режим контролю – під'єднано мережу з обмеженою потужністю/.
2. Контролер зі зворотнім зв'язком – інвертор.
3. Режим обмеження – по одній фазі.
4. Максимальна потужність подачі в мережу – значення задається від 20% до 40% від номінальної потужності генератора (точна цифра міститься у характеристиках від виробника).

5. Поріг активної потужності у разі втрати зв'язку – 100% (якщо інвертор на зелений тариф), 0% (якщо інвертор на власне споживання).

Такі умови забезпечують найменше споживання палива та збільшують моторесурс генератора, після виходу генератора на потрібне навантаження слід підключати інвертор.



Рисунок 3.19 – Зображення меню налаштувань Smart Logger.

При появі зовнішньої мережі система перемикається на звичайний режим роботи. Перемикання здійснюється за допомогою пристрою автоматичного введення резерву (АВР). Після перемикання лічильник, який заживлений від генератора перестає працювати та передавати дані, шляхом перемикання інформаційних контактів між лічильниками система буде отримувати інформацію щодо генерації з лічильника, який розміщений та заживлений на основному вводі потужності.

Використання сторонніх контролерів. Розглянемо рішення компанії Encombi ApS. Контролер Encombi Controller EScube2 (рисунок 3.20) розроблений для децентралізованих фотоелектричних станцій, оснащеними системами акумулювання та можливістю підключення генераторних установок або без них. Підключють пристрій до інверторів, контролерів та лічильників електроенергії через RS-485 або TCP/IP та отримуйте повний контроль над експортом у мережу із власним споживанням та безпечною

роботою генераторних установок. Використовуючи Controller EScube2 ви отримуєте панель оператора НМІ без необхідності програмування програм.



Рисунок 3.20 – Зображення контролера EScube2

Налаштування та моніторинг легко здійснюються через EScweb, де описується кожен крок налаштування як на ПК, так і на мобільних пристроях. Веб-додаток використовується для системи віддаленого моніторингу ESccloud, для візуалізації та аналізу даних у реальному часі та історичних даних інверторних та генераторних установок. Обладнання є високоякісним, швидким і надзвичайно компактним блоком, що дозволяє розмістити його практично в будь-якій електротехнічній шафі на вашому об'єкті при реалізації проектів.

Порівнюючи два розглянуті варіанти було прийнято рішення використовувати першу розглянуту систему керування, так як вона не потребує додаткових капіталовкладень на організацію системи керування та моніторингу, на відміну від другого варіанта в якій є свої переваги, але потребує набагато більше капіталовкладень від самих пристроїв керування до системи моніторингу, порівняного з першою системою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розглянуто питання охорони праці, що стосуються монтажу та експлуатації сонячної фотоелектричної станції. Аварії в електричних мережах, а також недотримання правил з їх безпечної експлуатації призводять до серйозної загрози життю та здоров'ю людей через небезпеку падінь з висоти, поранень, опіку, уражень електричним струмом тощо. Крім того, на електротехнічний оперативний персонал, що здійснює монтаж і експлуатацію системи керування сонячної фотоелектричної станції, впливають такі шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

1) фізичні фактори:

- мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання);
- виробничий шум: ультразвук, інфразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

2) хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час монтажу та експлуатації системи керування сонячної фотоелектричної станції, для убезпечення працівників, що їх проводять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги потрібно постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: затискачі вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (зокрема, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах

трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

Записувати покази вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється: одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III – без місцевих оперативних працівників; працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення та зняття вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні проводити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий – групу III. Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електrolічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III. Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні

частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

4.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [4, 5] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовуються основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [6]. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 4.1. Робота з монтажу та експлуатації системи керування вітроенергетичної установки відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	ІІб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6].

Під час монтажу системи керування виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [6] наведено в таблиці 6.2.

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення [7]: застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення; необхідно здійснювати контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні; застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

4.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4. 3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній	світлий	-	200	4	2,4

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу системи керування джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи: нормування за гранично допустимим спектром шуму; нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра. За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [9] і наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

4.2.5 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [10] і наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Отже, приміщення підстанцій, до яких підключається сонячна фотоелектрична станція, вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а

також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В; з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинали) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинали) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
ІІ	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинали)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуру-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник) [15].

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

На території кожної підстанції встановлюється по 15 вогнегасників ВП-5 (ВВП-5) [16].

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі було досліджено існуючі види сонячних фотоелектричних станцій. Було спроектовано мережеву сонячну електростанцію в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика» потужністю 500 кВт. Було використано сонячні панелі JAM72S30-545/MR виробництва компанії Ja Solar (1080 шт. одиничною потужністю 545 Вт) та сонячний мережевий інвертор SUN 2000-1000KTL-M2 компанії Huawei.

Дана фотоелектрична станція була спроектована для генерації потужності, яка використовується для власних потреб. Здійснено розрахунок втрат напруги в лініях, при чому втрати знаходяться в межах допустимого діапазону згідно з чинними нормативними документами.

Проведено моделювання сонячної електростанції в програмному середовищі PVsyst, в результаті чого встановлено, що станція видає 673,09 МВт в рік потужності. Приблизний термін окупності становить біля 6.3 років

Розглянуто паралельну роботу сонячної електростанції з генератором, який створює штучну мережу для інвертора сумісності.

Здійснено аналіз існуючих систем очищення та розроблено власний прототип очисної системи з метою відбору більшої потужності сонячними панелями.

Розглянуто заходи щодо забезпечення охорони праці при експлуатації сонячної електростанції.

Результати роботи було представлено на XXIII Міжнародній науково-практичній конференції «The current state of the organization of scientific activity in the world». Секція «Технічні науки». Мадрид. Іспанія [17].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
2. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
3. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
4. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
5. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
6. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
8. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
9. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
10. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

11. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
12. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
13. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
14. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
15. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
16. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>
17. Бомбик В.С., Коритний А.В. Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика». XXIII Міжнародна науково-практична конференція «The current state of the organization of scientific activity in the world». Секція «Технічні науки». Мадрид. Іспанія, 2024. [Електронний ресурс]. URL: <https://eu-conf.com/events/the-current-state-of-the-organization-of-scientific-activity-in-the-world/>

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

«02» 04 2024р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

**РОЗРОБКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ
СТАНЦІЇ В МЕЖАХ ПІДПРИЄМСТВА ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ВІННИЦЬКА ПТАХОФАБРИКА»**

08-24.БДР.007.00.000 ТЗ

Виконав: ст. гр. 1ЕМ-206

Андрій КОРИТНИЙ

«02» 04 2024р.

Керівник роботи к.т.н., ст.викл.

Вадим БОМБИК

«02» 04 2024р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика»»

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Сонячна фотоелектрична станція проектується в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика». Заявлена потужність станції складає 500 кВт.

4 Вимоги до розробки

Потужність сонячної електростанції: 500 кВт. Напруга на виході інвертора 0,4 кВ. Напруга, яка віддається в мережу 10 кВ.

5 Комплектація розробки

Сонячна фотоелектрична станція містить: сонячні панелі; інвертор; кабель живлення; систему автоматичного очищення панелей.

6 Технічні характеристики

Для даної сонячної фотоелектричної станції необхідно вибрати умови оптимального приєднання до існуючої мережі.

7 Джерела розробки

1. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

2. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних

матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

3. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.

4. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

5. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

6. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

8 Елементна база

Сонячні панелі, інвертор, кабель, система автоматичного очищення панелей.

9 Конструктивне виконання

Сонячна фотоелектрична станція розробляється відповідно до чинних вимог електробезпеки.

10 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування і ремонт спроектованої станції здійснюється кваліфікованими інженерами КПіА ТОВ «Вінницька птахофабрика».

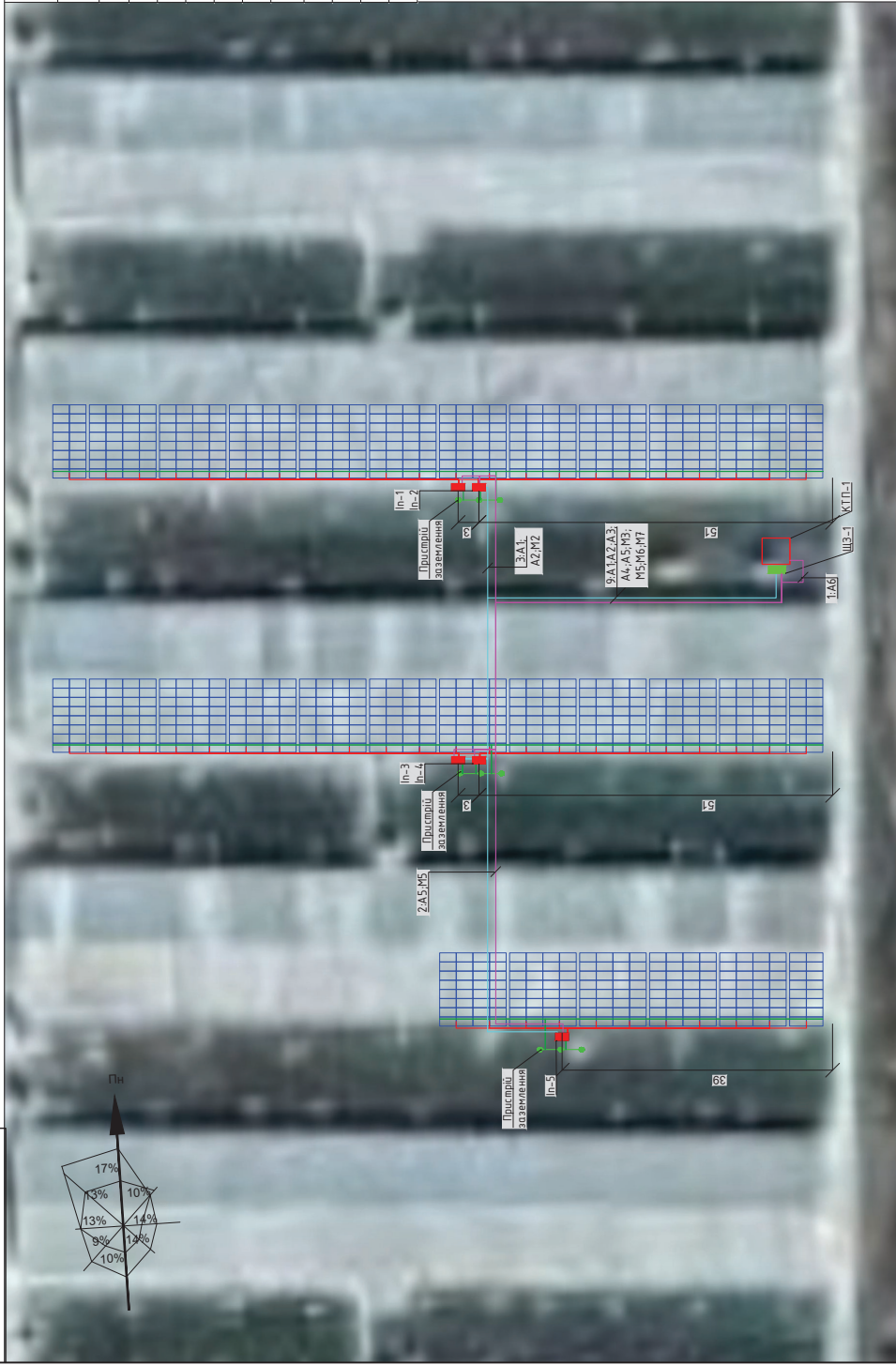
11 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

08-24.БДР.007.00.000.ЕЗ

Специфікація

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
1	JAM7S30-5L5/MR	Фотоелектричний модуль, всього, шт.	1080		
2	SUN2000-100KTL-M2	Спринг-інвертор, всього, шт.	5		
3		Щит з'єднань, шт.	1		ЩЗ
4		Мережі змінного струму, компл.	-		
		Кабель силовий АВВГ 4х120	141		
		Кабель силовий АВВГ 4х95	292		
5		Мережі постійного струму, компл.	-		
		Кабель постійного струму PV ZZ-FF 1х6мм, м.	3998		
6		Мережі моніторингу, м.	-		
		Випа пара 4х2х0,51 мм	532		
7		Заземлення фотомодуль, компл.	1080		
		Заземлення інверторів, компл.	3		



Умовні позначення:

- Спринг (блок) фотоелектричних модулів;
- Спринг-інвертор;
- Щит з'єднань на 5 присідань;
- Мережі змінного струму;
- Мережі постійного струму;
- Мережі моніторингу;
- Заземлюючий пристрій;
- Ділянка КЛ у проміщеї

Кабельний журнал постійного та змінного струму

Позначення кабелів, провід		Траса		Кабель, провід			
		Початок	Кінець	по проєкту			
				Марка	Кількість по перетин жил	Л, м	Кількість резервних жил
				Мережі змінного струму			
A1	In-1	ЩЗ-1		ABBG	4х120	135	
A2	In-2	ЩЗ-1		ABBG	4х95	98	
A3	In-3	ЩЗ-1		ABBG	4х95	103	
A4	In-4	ЩЗ-1		ABBG	4х95	93	
A5	In-5	ЩЗ-1		ABBG	4х95	95	
A6	ЩЗ-1	КТП-1		ABBG	3х(3х(1х2х0,01)+2х(1х2х0,01)	15	
M1	In-1	In-2	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	79	
M2	In-2	In-3	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	16	
M3	In-3	ЩЗ-1	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	99	
M4	In-4	In-5	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	16	
M5	In-5	ЩЗ-1	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	86	
M6	ЩЗ-1	Тех.прим. Б.33	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	113	
M7	Линьовик	Тех.прим. Б.33	КТПЕ-ВП (100) 4х2х0,51 (F/UTP-сат.5E)		8	113	

Взам. инв. N

Лист N опир.

Плпн. i, дата

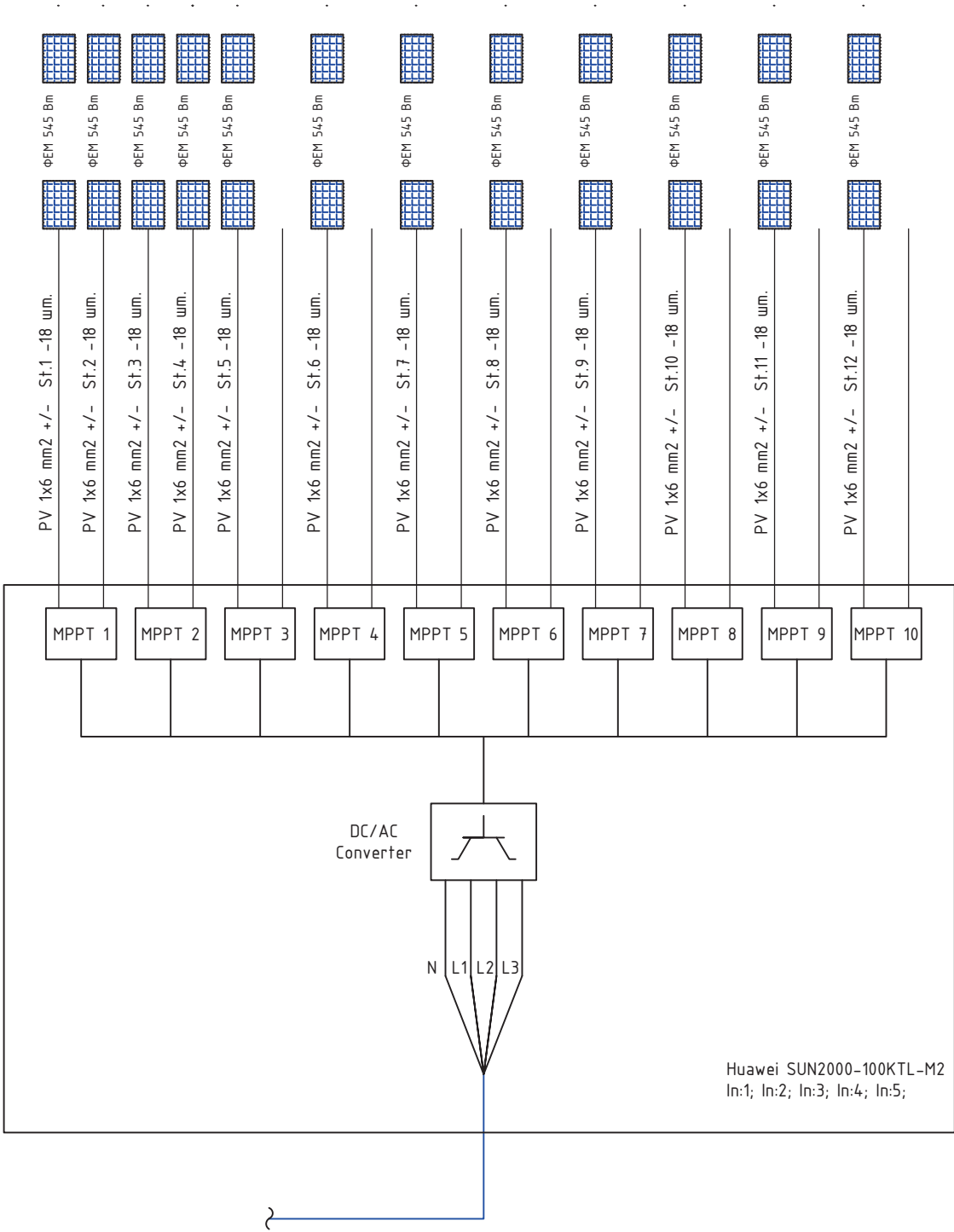
08-24.БДР.007.00.000.ЕЗ

Примітка:
In.k.l - номер спринг-інвертора,
де k - порядковий номер КТП,
n - порядковий номер спринг-інвертора.

08-24.БДР.007.00.000.ЕЗ

Розробка та проєктування соціальної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька іттехнофабрика»	Літ.	Маса	Масштаб
Розробка: Користів А.В. Перевірка: Бонівець В.С. Т. контр.			
Результат: Бонівець В.С. Норм.кон. Запереч.	Архув. 1	Архув. 1	Архув. 1
Додаток В Генеральний план соціальної фотоелектричної станції			
ВНТУ, гр. 1 ЕМ-206			

Інв. N ориг.		Підп. і дата		Взам. инв. N	
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	08-24.БДР.007.00.000 ЕЗ Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика» Додаток В Схема електрична принципова підключення фотогальванічних панелей
Розробив:		Коритний А.В.			
Перевірив		Бомбик В.С.			
Т. контр.					
Реценз.					
Норм.кон.		Бомбик В.С.			Літ. Маса Масштаб Аркуш 1 Аркушів 1
Затверд.					
					ВНТУ, гр. 1 ЕМ-206



Додаток Г
Моделювання роботи сонячної
фотоелектричної
станції в середовищі PVsyst

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Клебань

Variant: #1

No 3D scene defined, no shadings

System power: 589 kWp

Kleban - Ukraine



Project summary

Geographical Site

Kleban

Ukraine

Situation

Latitude 48.67 °N

Longitude 29.01 °E

Altitude 214 m

Time zone UTC+2

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Kleban

Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Synthetic

System summary

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 8 / 0 °

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

System information

PV Array

Nb. of modules

1080 units

Pnom total

589 kWp

Inverters

Nb. of units

5 units

Pnom total

500 kWac

Pnom ratio

1.177

Results summary

Produced Energy	652.50 MWh/year	Specific production	1109 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	82.33 %
-----------------	-----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	5
Loss diagram	6
Predef. graphs	7
Single-line diagram	8



General parameters

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 8 / 0 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

JA Solar

Model

JAM72-S30-545-MR

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

545 Wp

Number of PV modules

1080 units

Nominal (STC)

589 kWp

Modules

60 Strings x 18 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

540 kWp

U mpp

682 V

I mpp

792 A

Total PV power

Nominal (STC)

589 kWp

Total

1080 modules

Module area

2790 m²

Inverter

Manufacturer

Huawei Technologies

Model

SUN2000-100KTL-M2-400Vac

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power

100 kWac

Number of inverters

5 units

Total power

500 kWac

Operating voltage

200-1000 V

Max. power (=>33°C)

110 kWac

Pnom ratio (DC:AC)

1.18

Power sharing within this inverter

Total inverter power

Total power

500 kWac

Max. power

550 kWac

Number of inverters

5 units

Pnom ratio

1.18

Array losses

Array Soiling Losses

Loss Fraction 3.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

15.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

1.6 mΩ

Loss Fraction

0.2 % at STC

LID - Light Induced Degradation

Loss Fraction 2.0 %

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	30°	50°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.999	0.953	0.910	0.853	0.725	0.448	0.000



AC wiring losses

Inv. output line up to injection point

Inverter voltage	400 Vac tri
Loss Fraction	3.00 % at STC

Inverter: SUN2000-100KTL-M2-400Vac

Wire section (5 Inv.)	Alu 5 x 3 x 95 mm ²
Average wires length	125 m



Main results

System Production

Produced Energy

652.50 MWh/year

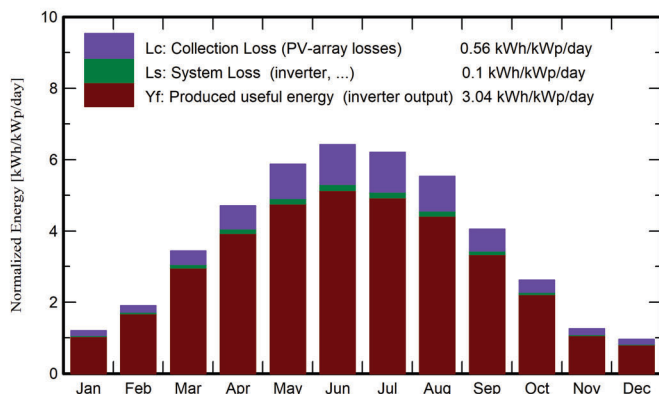
Specific production

1109 kWh/kWp/year

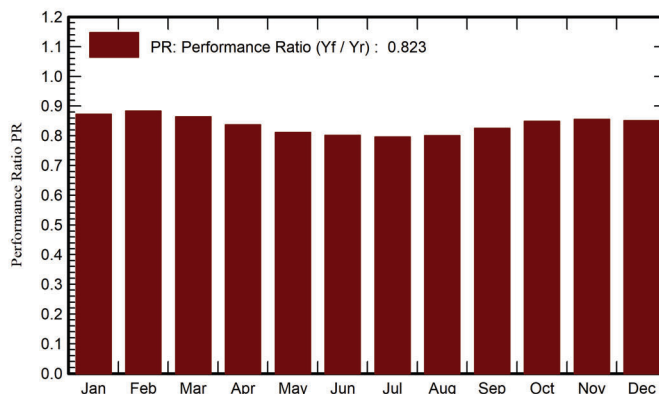
Performance Ratio PR

82.33 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	ratio
January	30.5	17.38	-3.36	37.2	34.3	19.63	19.11	0.873
February	46.8	28.48	-2.44	53.3	50.0	28.44	27.67	0.883
March	95.2	38.02	2.78	106.6	100.9	55.91	54.18	0.863
April	133.8	67.71	9.70	141.2	133.9	71.79	69.59	0.837
May	177.1	78.15	15.90	182.1	173.0	89.85	86.97	0.811
June	189.2	81.35	18.81	192.5	183.1	93.82	90.80	0.801
July	188.0	79.96	21.14	192.4	183.0	93.08	90.11	0.796
August	162.7	66.21	20.46	171.5	163.2	83.37	80.76	0.800
September	111.5	49.83	14.41	121.5	114.9	60.86	59.06	0.825
October	70.6	35.22	8.40	81.0	76.1	41.64	40.51	0.849
November	31.7	18.92	3.70	37.6	34.9	19.46	18.94	0.855
December	23.6	13.78	-1.23	29.6	26.9	15.22	14.81	0.850
Year	1260.7	575.02	9.09	1346.5	1274.2	673.09	652.50	0.823

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

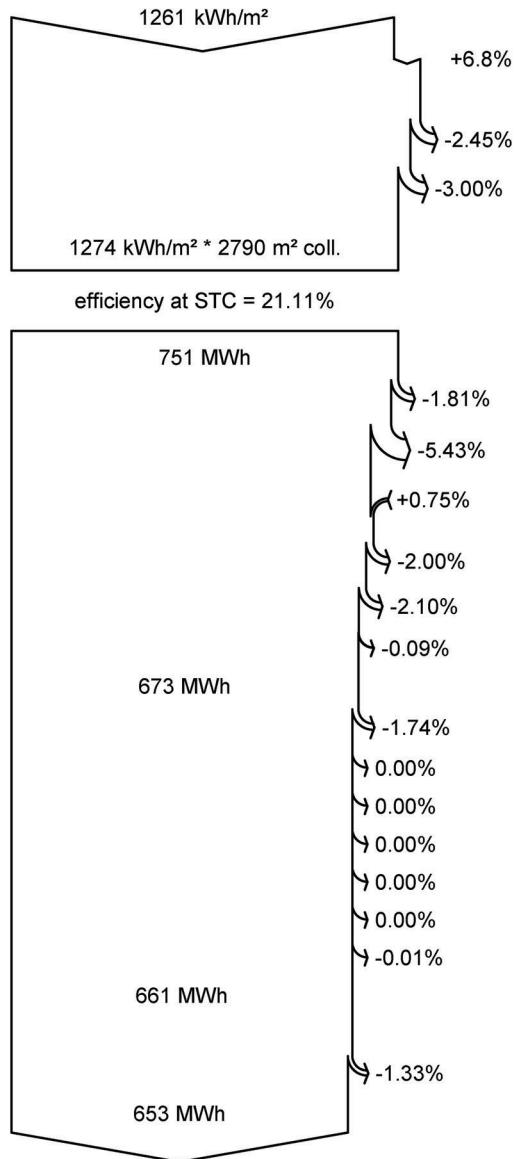
EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio



Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

LID - Light induced degradation

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Night consumption

Available Energy at Inverter Output

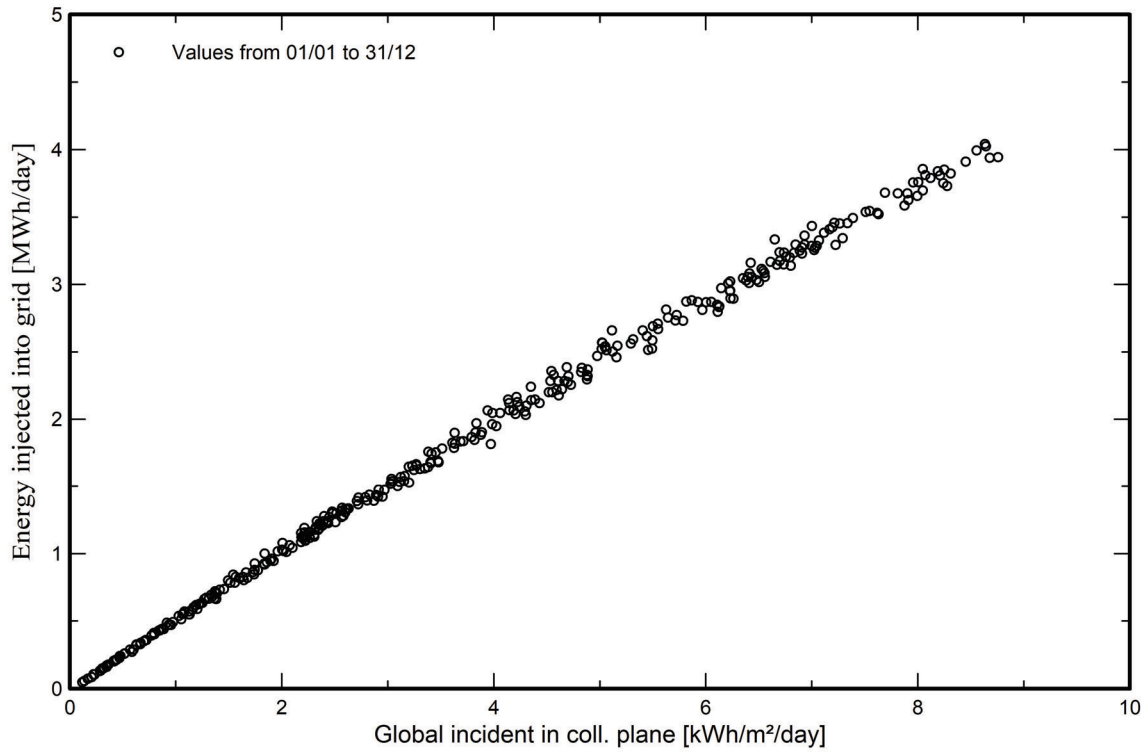
AC ohmic loss

Energy injected into grid

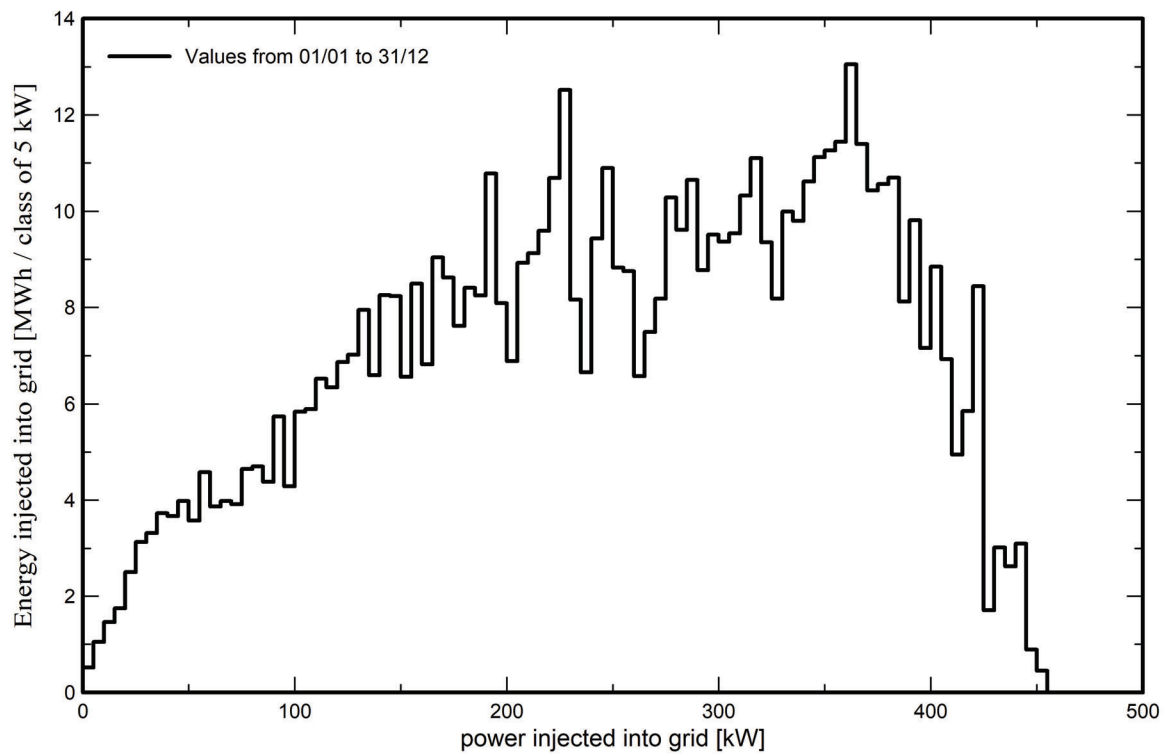


Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

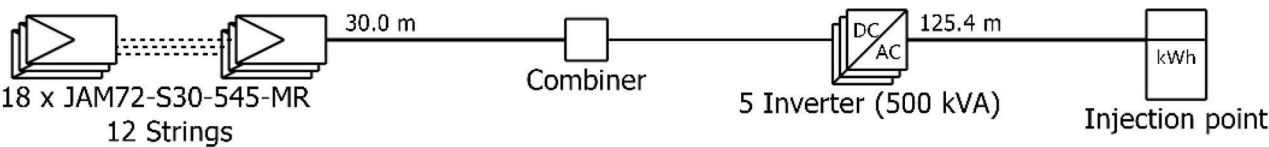




PVsyst V7.3.2

VC0, Simulation date:
31/05/24 16:33
with v7.3.2

Single-line diagram



PV module	JAM72-S30-545-MR
Inverter	SUN2000-100KTL-M2-400Vac
String	18 x JAM72-S30-545-MR

Voltage Group LLC (Ukraine)

VC0 : #1

31/05/24

Додаток Д
Програмний код системи очищення

```
#include <wiringPi.h>
#include <iostream>
#include <unistd.h>
#include <libgpsmm.h>

using namespace std;

int main() {
    // Введення часу доби (ранковий або вечірній)
    string час_доби;
    cout << "Введіть час доби (ранковий або вечірній): ";
    cin >> час_доби;

    // Перевірка ефективності очищення
    int ефективність_очищення;
    cout << "Введіть ефективність очищення (в діапазоні від 0 до 100): ";
    cin >> ефективність_очищення;

    // Перевірка, чи ефективність очищення в межах діапазону
    if (ефективність_очищення < 0 || ефективність_очищення > 100) {
        cout << "Неправильний формат введення ефективності очищення. Введіть  
число від 0 до 100." << endl;
        return 1;
    }

    // Перевірка погоди
    string погода;
    if (час_доби == "ранковий") {
        cout << "Введіть погоду вранці (хмарно або ясно): ";
        cin >> погода;
    } else if (час_доби == "вечірній") {
        cout << "Введіть погоду ввечері (хмарно або ясно): ";
        cin >> погода;
    } else {
        cout << "Неправильний формат введення часу доби. Введіть 'ранковий' або  
'вечірній'." << endl;
        return 1;
    }

    // Виведення звіту про очищення
    if (ефективність_очищення >= 60) {
        if (погода == "хмарно") {
            cout << "Звіт про очищення: рекомендовано використовувати систему  
рециркуляції води." << endl;
        } else if (погода == "ясно") {
```

```

    cout << "Звіт про очищення: система рециркуляції води не
рекомендується." << endl;
} else {
    cout << "Неправильний формат введення погоди. Введіть 'хмарно' або
'ясно.'" << endl;
    return 1;
}
} else {
    if (погода == "хмарно") {
        cout << "Звіт про очищення: система рециркуляції води рекомендується."
<< endl;
    } else if (погода == "ясно") {
        cout << "Звіт про очищення: система рециркуляції води рекомендується."
<< endl;
    } else {
        cout << "Неправильний формат введення погоди. Введіть 'хмарно' або
'ясно.'" << endl;
        return 1;
    }
}
}
// Піни для двигунів
const int motor1Pin1 = 0; // GPIO17
const int motor1Pin2 = 1; // GPIO18
const int motor2Pin1 = 2; // GPIO27
const int motor2Pin2 = 3; // GPIO22

// Цільові координати
const double targetLatitude = 48.858844; // Широта
const double targetLongitude = 2.294351; // Довгота

// Функції для керування рухом
void forward() {
    digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

void backward() {
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
}

```

```

void left() {
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

void right() {
    digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
}

void stop() {
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}

double calculateDistance(double lat1, double lon1, double lat2, double lon2) {
    // Функція для розрахунку відстані між двома точками за їх координатами
    (формула Haversine)
    double dLat = (lat2 - lat1) * M_PI / 180.0;
    double dLon = (lon2 - lon1) * M_PI / 180.0;
    lat1 = lat1 * M_PI / 180.0;
    lat2 = lat2 * M_PI / 180.0;

    double a = sin(dLat/2) * sin(dLat/2) + sin(dLon/2) * sin(dLon/2) * cos(lat1) *
cos(lat2);
    double c = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1-a));
    double distance = 6371000 * c; // Радіус Землі = 6371000 м
    return distance;
}

int main() {
    // Ініціалізація бібліотеки wiringPi
    if (wiringPiSetup() == -1) {
        std::cerr << "Initialization of wiringPi failed!" << std::endl;
        return -1;
    }

    // Встановлення режиму роботи пінів
    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);

```

```

pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);

// Ініціалізація GPS
gpsmm gps_rec("localhost", DEFAULT_GPSD_PORT);
if (gps_rec.stream(WATCH_ENABLE | WATCH_JSON) == NULL) {
    std::cerr << "No GPSD running." << std::endl;
    return -1;
}

while (true) {
    struct gps_data_t* gps_data;

    if (!gps_rec.waiting(5000000)) { // Очікування даних 5 секунд
        continue;
    }

    if ((gps_data = gps_rec.read()) == NULL) {
        std::cerr << "GPSD read error." << std::endl;
        continue;
    }

    if ((gps_data->fix.mode >= MODE_2D) && (gps_data->status !=
STATUS_NO_FIX)) {
        double currentLatitude = gps_data->fix.latitude;
        double currentLongitude = gps_data->fix.longitude;
        std::cout << "Latitude: " << currentLatitude << " Longitude: " <<
currentLongitude << std::endl;

        double distance = calculateDistance(currentLatitude, currentLongitude,
targetLatitude, targetLongitude);
        std::cout << "Distance to target: " << distance << " meters" << std::endl;

        if (distance < 2.0) { // Якщо відстань менше 2 метрів, зупиняємось
            stop();
            std::cout << "Target reached." << std::endl;
            break;
        } else {
            forward();
        }
    } else {
        std::cerr << "No fix." << std::endl;
    }
}

```

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: «Розробка та проектування сонячної фотоелектричної станції в межах підприємства товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницька птахофабрика»»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕМ, гр. 1-ЕМ-206

Науковий керівник: к.т.н. ст.викл. Бомбик В.С.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	95 %
Схожість	5 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Коритний А.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бомбик В.С.

(прізвище, ініціали)

Інв. N ориг.	Підп. і дата	Взам. инв. N

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:		Коритний А.В.		28.05
Перевірив		Бомбик В.С.		28.05
Т. контр.				
Реценз.		Войтюк Ю.Г.		10.05
Норм.кон.		Бомбик В.С.		28.05
Затверд.		Мошків М.В.		18.05

08-24.БДР.007.00.000 ЕЗ

Розробка та проектування сонячної
фотоелектричної станції в межах
підприємства товариства з обмеженою
відповідальністю «Вінницька
птахофабрика»

Літ.

Мас

Аркуш 1

Однолінійна схема підприємства із встановленим
обладнанням

ВНТУ, гр. ІБ

ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

КПЕТ-ВП (100)