

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт»

Здобувача(ки) групи СУ-91

Шеліхов Віталій Вікторович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Віталій ШЕЛІХОВ

(підпис)

Керівник: завідувач кафедри КСУ, к.т.н., Петро ЛЕОНТЬЄВ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	T3	Технічне завдання	2		
3	A4		Анотація	1		
4	A4	СУ-91 6.151.00 ПЗ	Пояснювальна записка	52		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-91 6.151.00 А2	Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-91 6.151.00 Е3	Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Схема принципово-електрична	13		
7	A4	СУ-91 6.151.00 С1	Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт Структурна схема	1		
ф8	A4	СУ-91 6.151.10 С1	Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт Структурна схема	1		

					СУ-91 6.151.00.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					Автоматизації трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7кВт Перелік документації	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							1	2
Реценз.						СумДУ, СУ-91		
Н. Контр.								
Затверд.								

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Шеліхову Віталію Вікторовичу

1. Тема проєкту: автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Затверджено наказом ректора університету. № 0236-VI від "14" березня 2023р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту "___" _____ 20__р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, публікації, статті.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області, автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт, вибір обладнання для вирішення задач керування, розробка електрично-принципової схеми, розробка інтерфейсу оператора.
5. Перелік графічних матеріалів: ___ рисунків, ___ таблиць, ___ додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	
2	Аналіз предметної області. Область застосування.	

3	Розробка автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт	
4	Розробка основних схем автоматизації.	
5	Розробка інтерфейсу оператора	
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	

7. Дата видачі завдання “__” _____ 20__р.

Керівник проекту:

завідувач кафедри КСУ,

к.т.н.,

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувач:

студент гр. СУ-91

Віталій ШЕЛІХОВ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи керування трекінгу сонячної
електростанції потужністю до 7 кВт

Розробник:
студент групи СУ-91

Віталій ШЕЛІХОВ

Погоджено:
завідувач кафедри КСУ,
к. т. н.,

Петро ЛЕОНТЬЄВ

1. Назва і галузь застосування: автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт; енергетика, електростанції, альтернативна енергетика.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № _____ від _____, інші договори або замовлення.

3. Загальний опис об'єкта автоматизації:

a) автоматизована система керування трекінгу сонячної електростанції призначена для найбільш ефективного виробництва електроенергії, шляхом перемещення в просторі сонячних панелей, має автоматичний та ручний режим роботи, складається з сонячних панелей, щита керування, виокнавчих механізмів та датчиків.

4. Основні частини системи та структурна схема:

a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
b) повинна містити не лише блоки пов'язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
c) показує читачеві загальний план вашої системи з віддаленого ракурсу, як наприклад карта земної кулі на якій ми бачимо розміщення частин світу;

5. Опис блоків системи керування :

a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.

6. Опис алгоритмів та режимів роботи системи:

a) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;
b) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
c) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
d) даний розділ дає розуміння про алгоритм роботи системи в цілому.

7. Умови експлуатації системи керування:

Умови експлуатації технічних засобів, що встановлюються в приміщенні на щитах керування:

a) температура навколишнього середовища – від плюс 5 до 50°C

- б) відносна вологість до 80% при температурі до 25°C;
- в) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
- г) живлення БЖ для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ЛК – 12В; живлення панелі оператора – 12В.

8. Технічні Звимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) первинні перетворювачі (давачі);
- б) вимірювачі, що встановлюються безпосередньо на обладнанні;
- в) мікропроцесорний контролер;
- г) засоби відображення і представлення інформації;
- д) засоби введення оперативної і керуючої інформації;
- е) виконавчі механізми;
- є) регулюючі органи;
- ж) перетворювачі сигналів

ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	1.05.23 - 05.05.23
2	Аналіз предметної області. Область застосування.
3	Розробка автоматизованої системи керування трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт
4	Розробка основних схем автоматизації.
5	Розробка інтерфейсу оператора
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації

10. Додатки:

Додаток А. Конструкторська документація:

- СУ-91 6.151.10 С1 Схема інформаційних потоків автоматизованої системи керування трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт

- СУ-91 6.151.00 А2 Функціональна схема автоматизованої системи керування трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт
- СУ-91 6.151.00 Е3 Схема принципова електрична автоматизованої системи керування трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт
- СУ-91 6.151.00 С1 Структурна схема автоматизованої системи керування трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт

АНОТАЦІЯ

Шеліхов Віталій Вікторович. Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми, 2023.

Дипломний проєкт містить 55 аркушів пояснювальної записки, 41 рисунок, 20 таблиць та 4 схеми. При виконанні дипломної роботи було використано 15 літературних джерел.

Автоматизована система трекінгу для сонячної електростанції є важливим інструментом для максимізації збору сонячної енергії та підвищення ефективності станції. Ця система забезпечує автоматичне налаштування кута нахилу та орієнтації сонячних панелей, щоб вони постійно спрямовувалися на сонце протягом дня.

Метою цієї роботи є розробка та реалізація автоматизованої системи трекінгу для сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Для досягнення цієї мети проведено аналіз принципів роботи сонячних електростанцій, сформовано список функціональних задач керування та розроблено функціональну схему автоматизації. Отримали таблицю вхідних та вихідних сигналів. Також було здійснено підбір технічних засобів автоматизації, за допомогою яких і може бути реалізована автоматизована система трекінгу сонячної електростанції. Розроблено електрично – принципіві схеми, а також інтерфейс оператора.

Ключові слова: сонячна електростанція, трекінг сонячних панелей, автоматизований трекінг, автоматизація сонячної електростанції.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проєкту
«Автоматизація трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт»

Керівник проєкту:

Завідувач кафедри КСУ,

к. т. н.,

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувач:

Студент групи СУ-91

Віталій ШЕЛІХОВ

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	6
1.1 Огляд та призначення.....	6
1.2. Компоненти системи.....	8
1.3 Характеристики автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції	9
РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРЕКІНГУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ ДО 7 кВт.....	11
2.1 Функціональні задачі керування.....	11
2.2 Опис контурів керування.....	11
2.2.1 Контур трекінгу панелей	11
2.2.2 Система зарядки АКБ	14
2.2.3 Контур аварійної зупинки системи	16
2.2.4 Системабору та обробки даних.....	17
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КЕРУВАННЯ...	20
3.1 Вибір електроніки	20
3.2 Вибір датчиків	31
3.3 Вибір виконавчих механізмів	35
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНО-ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	37
4.1 Система автоматизованого проектування	37
4.2 Розробка електрично-принципової схеми	38
РОЗДІЛ 5 ІНТЕРФЕЙС ОПЕРАТОРА	47
5.1 Призначення інтерфейсу оператора	47
5.2 Розробка інтерфейсу для панелі оператора	48
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Шеліхов В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		.Леонтьев П.В.				2	48
Реценз.					СумДУ, СУ-91		
Н. Контр.							
Затверд.		.Леонтьев П.В.					
					<i>Автоматизації трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7кВт Пояснювальна записка</i>		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САК – Система автоматичного керування;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЛК – програмований логічний контролер;

УГЗ - умовно-графічне зображення;

ТЗА – технічні засоби автоматизації;

ЩК – щит керування;

НМІ – human machine interface;

ФСА – функціональна схема автоматизації;

ЩК - щит керування;

ЛЕП – лінія електро передач;

DC – Direct Current;

AC – Alternating Current;

ЗЗ – зворотній зв'язок;

АКБ – акумуляторна батарея;

AGM – Absorbent Glass Mat.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ВСТУП

У сучасному світі енергетика знаходиться під впливом постійного зростання споживання електроенергії та зростання усвідомлення про важливість використання відновлювальних джерел енергії. Сонячна енергія, одне з найбільш поширених джерел відновлювальної енергії, стає все більш привабливим варіантом для виробництва електроенергії.

У сонячних електростанціях використовується фотоелектричний ефект для перетворення сонячної енергії в електричну. Одним з ключових елементів сонячної електростанції є сонячні панелі, які здатні збирати сонячне випромінювання та генерувати електричну енергію. Ефективне використання сонячних панелей залежить від кута нахилу та орієнтації панелей до сонця. Це приводить до необхідності використання систем трекінгу, які автоматично вирішують ці завдання шляхом руху панелей.

Метою цієї дипломної роботи є розробка автоматизованої системи трекінгу для сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Основним завданням є побудова системи, яка здатна відслідковувати рух сонця та налаштовувати кут нахилу та орієнтацію сонячних панелей для максимального збору сонячної енергії протягом усього дня.

В рамках дослідження будуть розглянуті основні принципи роботи сонячних електростанцій та різні методи трекінгу, які використовуються для оптимального розташування сонячних панелей. Будуть вивчені технології та протоколи зв'язку, що застосовуються для забезпечення зв'язку між системою трекінгу та контрольною одиницею сонячної електростанції.

Після аналізу існуючих рішень та технологій, буде розглядатися автоматизована система трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Буде розроблено схему функціональну схему автоматизації та описано роботу кожного контуру керування сонячною електростанцією. Також буде

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

здійснюватися підбір технічних засобів автоматизації, розроблено інтерфейс оператора.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд та призначення

Електроенергія – невід’ємна частина нашого життя. Кожного дня люди користуються освітленням, побутовими приладами, електродвигунами, та іншими електричними пристроями. Далеко не всі люди цікавляться звідки саме береться електроенергія.

Електроенергію виробляють на електростанціях:

- теплові електростанції;
- атомні електростанції;
- гідроелектростанції.

Принцип роботи теплових електростанцій полягає у процесі горіння палива у котлі. Котел гріє воду, перетворює її на пару, яка під тиском обертає турбіну. Турбіна обертає генератор і електроенергія прямує до споживача через високовольтні ЛЕП.

Атомні електростанції працюють аналогічно з тепловими, тільки в якості палива використовуються уранові стрижні.

Гідроелектростанція встановлюється на річках. Будується гребля, яка стримує потік води на верхньому рівні річки. Вода по трубі тече вниз до турбіни, чим обертає її, яка в свою чергу крутить генератор. Надалі вода потрапляє до нижнього рівня річки.

Існують також альтернативні методи отримання електроенергії:

- вітрові електростанції;
- сонячні електростанції.

Вітрова електростанція генерує електроенергію в результаті енергії вітру. Вітер обертає лопасті, який в свою чергу крутить генератор.

Сонячна електростанція (рис. 1.1) працює на основі використання фотоелектричного ефекту для перетворення сонячної енергії в електричну

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

енергію. Основними компонентами сонячної електростанції є сонячні панелі, інвертор та система розподілу електроенергії.

1. Сонячні панелі, також відомі як фотоелектричні модулі, складаються з сонячних фотоелектричних клітин, зазвичай виготовлених з кремнію. Коли сонячні промені падають на фотоелектричні клітини, вони здатні створювати електричний струм за допомогою фотоелектричного ефекту.

2. Інвертор: створений електричний струм з сонячних панелей є постійним струмом (DC), але для використання в домашній електричній мережі або комерційних системах його необхідно перетворити на змінний струм (AC). Інвертор виконує цю функцію, перетворюючи постійний струм у змінний струм, який може бути використаний для живлення електричних приладів та підключений до мережі.

3. Система розподілу електроенергії: Змінний струм, що йде від інвертора, передається до електричної системи будівлі або підключається до електричної мережі. Це дозволяє використовувати сонячну електроенергію для живлення електричних приладів та задовольняти потреби в електричній енергії.

Додаткової системи зберігання електроенергії може використовуватись для збереження надлишкової електричної енергії, яка не використовується в момент виробництва, для використання в нічний час або в умовах обмеженого сонячного випромінювання.



Рисунок 1.1 – Сонячна електростанція

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.2. Компоненти системи

Автоматизована система трекінгу сонячної електростанції включає в себе декілька компонентів, щоб відслідковувати рух сонця та налаштовувати кут нахилу та орієнтацію сонячних панелей. Основні компоненти такої системи включають:

1. Система трекінгу використовує сенсори руху для виявлення положення сонця. Ці сенсори можуть бути розташовані на рухомих частинах системи трекінгу, які налаштовуються відповідно до руху сонця.

2. Рушійна система відповідає за рух сонячних панелей для максимального отримання сонячної енергії. Вона може включати електричні двигуни, актуатори або інші механізми, які дозволяють налаштовувати кут нахилу та орієнтацію панелей.

3. Контролер виконує обробку даних, отриманих від сенсорів руху, і видає відповідні команди рушійній системі. Він відповідає за точне відслідковування руху сонця та налаштування панелей для оптимального отримання сонячної енергії.

4. Панель оператора відповідає за керування всією автоматизованою системою трекінгу. Вона може мати програмне забезпечення, яке аналізує дані про рух сонця, визначає оптимальний кут нахилу та орієнтацію панелей і видає відповідні команди контролеру та рушійній системі.

Ці компоненти працюють разом, щоб автоматично налаштовувати сонячні панелі відповідно до руху сонця, забезпечуючи максимальний збір сонячної енергії протягом усього дня.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>



Рисунок 1.2 - Автоматизована система трекінгу сонячної електростанції

1.3 Характеристики автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції

Характеристики автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції можна побачити у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики автоматизованої системи трекінгу:

Назва	Параметр
Кліматичні умови експлуатації:	
Вологість	до 99 %
Температура	від -40 до 50 °С
Умови експлуатації ЩК:	
Вологість	від 45 до 65%
Температура	від 0 до 35 °С
Положення	Вертикальне

Продовження таблиці 1.1

Ступінь захисту	IP64
Проведення технічного огляду	Раз на рік
Точність трекінгу	+/- 1 градус
Швидкість реакції	30 мс
Навантаження	До 7 кВт
Енергоефективність	90%
Інтерфейс керування	так

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРЕКІНГУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ ДО 7 кВт.

Розібравши, навіщо потрібна сонячна електростанція, принцип її роботи, з чого вона складається та її характеристики, можемо сформулювати ряд задач керування, розробити функціональну схему автоматизації та описати кожен контур керування автоматизованою системою трекінгу сонячної електростанції.

2.1 Функціональні задачі керування

Формуємо функціональні задачі керування автоматизованою системою трекінгу сонячною електростанцією:

1. Контроль положення сонячних панелей.
2. Керування положенням сонячної панелі.
3. Контроль температури та вологості.
4. Організація ЗЗ для крокового двигуна.
5. Індикація заряду акумулятора.

2.2 Опис контурів керування.

Спираючись на функціональні задачі керування маємо можливість розділити систему на контури керування та описати як функціонує кожен контур керування.

2.2.1 Контур трекінгу панелей

Контур трекінгу сонячних панелей складається з

- сонячних панелей;
- фоторезисторів;
- крокових двигунів;

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- давачі струму для організації зворотнього зв'язку по кроковим двигунам;
- давачі індуктивності

Сонячні панелі є ключовими компонентами сонячної електростанції. Вони використовують фотоелектричний ефект для перетворення сонячної енергії на електричну енергію. У них знаходяться напівпровідникові матеріали, які взаємодіють з фотонами сонячного випромінювання, що призводить до виникнення електричного струму.

Сонячні панелі можуть мати різну кількість фотоелектричних клітин, що визначає їх потужність. Потужність сонячної панелі вимірюється в ваттах (Вт). У випадку автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт, сонячні панелі повинні бути розраховані на таку потужність.

Ефективність сонячних панелей вказує на те, яка частка сонячної енергії може бути перетворена на електричну енергію. Вона вимірюється у відсотках і залежить від якості матеріалів та технологій виробництва. Вища ефективність означає, що більше сонячної енергії може бути зібрано та перетворено на електричну енергію.

Сонячні панелі можуть мати різні розміри та вагу. Вони повинні бути достатньо міцними та витримувати експлуатаційні умови, такі як вітро- та снігові навантаження, атмосферні впливи тощо.

Сонячні панелі можуть бути з'єднані між собою у різних конфігураціях. Найпоширеніші типи з'єднань включають послідовне з'єднання (серійне з'єднання) та паралельне з'єднання. Конфігурація з'єднання впливає на напругу та струм, які генеруються сонячними панелями.

В якості датчиків інтенсивності освітлення використовуються фоторезистори LDR1 – LDR8. Дані фоторезистори визначають положення сонячної панелі відносно променів сонця. Блок фоторезисторів спільно з компаратором формує сигнали управління для драйверів моторів. Фоторезистори LDR1 і LDR4 закріплені в панелі по осі X, а LDR5 і LDR8 - по осі Y. Резистори

налаштовують систему так, щоб двигуни зупинялися коли сонячні промені падають на панель перпендикулярно до її площини, при цьому на виходах компараторів має бути низька напруга.

В якості приводних двигунів для осей переміщення використовуються крокові двигуни з відповідними для них драйверами.

За допомогою енкодера, можна контролювати в якому положенні знаходяться сонячні панелі. Енкодер використовуємо як зворотній зв'язок для двигунів 9 та 10.

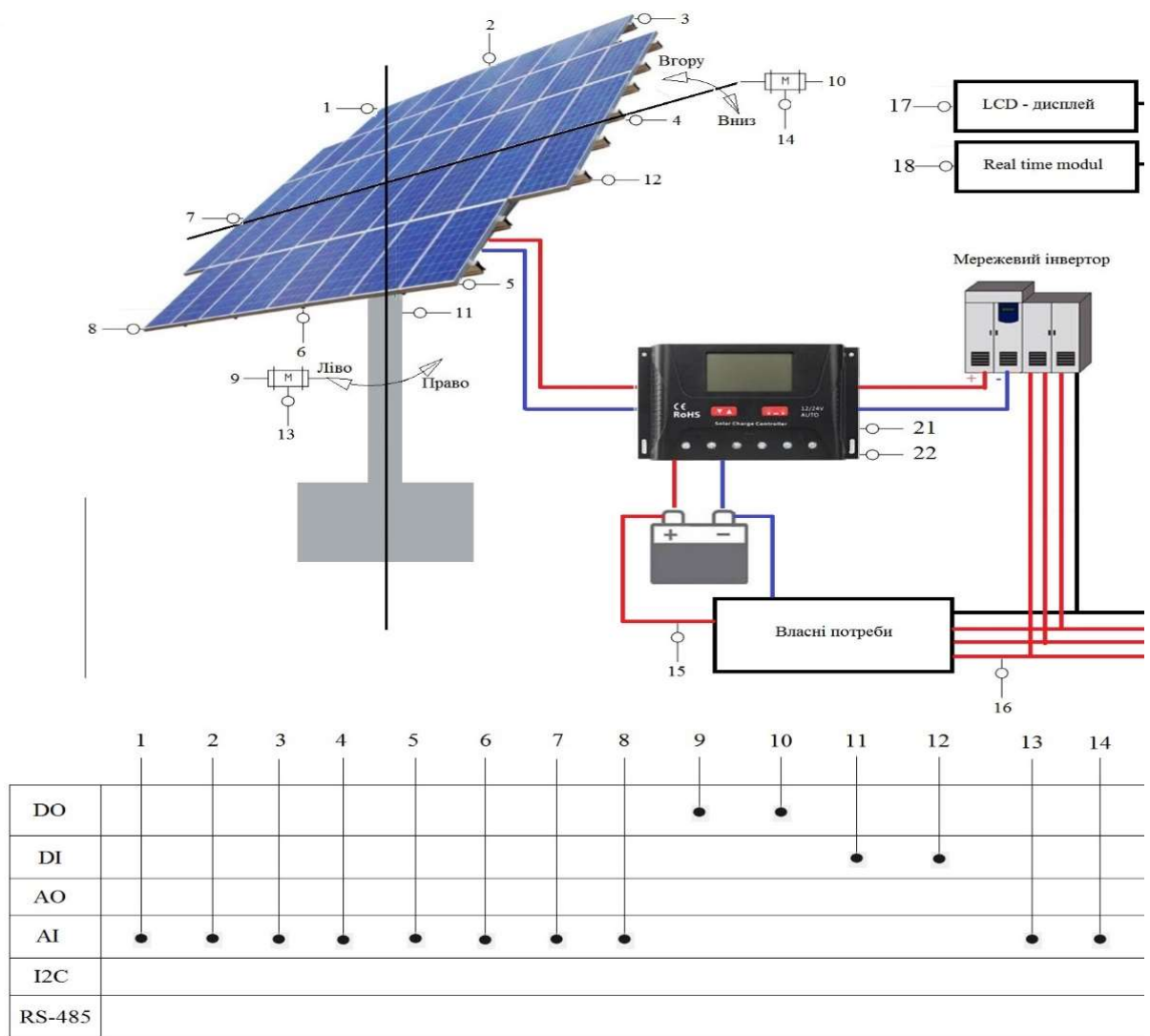


Рисунок 2.1 – Конурт трекінгу панелей

2.2.2 Система зарядки АКБ

Контур складається з: контролеру заряду АКБ, акумуляторних батарей, інвертора, реле напруги, та індикаторів та балансиру.

Контур зарядки АКБ застосовують для накопичення електроенергії. Вона може споживатися не в повному обсязі та зберігатися для темного часу доби, коли сонячні батареї не працюють. Всілякі електричні акумулятори розглядаються як джерела постійного струму багаторазового застосування з можливостями виконання оборотних хімічних дій шляхом проведення багаторазових циклів заряду з пропусканням електричних струмів в напрямку, протилежному зворотного руху елементарних частинок при розряді. До головних експлуатаційних характеристик акумуляторів відносять: ємність, щільність енергії, саморозряд, температурні і атмосферні режими та тип. Місткість акумулятора визначається величиною заряду, який замірюється при віддачі енергії споживачам від досконалого зарядженого стану до мінімально допустимої величини вихідної напруги.

Контролер заряду - служить для ефективного заряду акумуляторних батарей або розподілу між використовуваними джерелами електричного струму. Саме контролер приймає рішення від чого працювати системі – від електромережі або від сонця. Також, він регулює заряд акумуляторів (що сприяє збільшенню терміну експлуатації об'єкта).

Інвертор - потрібен для перетворення постійного струму батарей (сонячної або акумуляторної) в змінний струм, який використовується більшістю побутових приладів. Саме він живить електроенергією всі види електронної апаратури та прилади освітлення.

Балансир – пристрій, призначений для вирівнювання напруги акумуляторів напругою 12 вольт, об'єднаних в масив. Можливе підключення гелевих, свинцево-кислотних та акумуляторів AGM. В процесі роботи (заряд/розряд/простій), напруга акумуляторів в масиві може відрізнятись - один

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

аккумулятор може показати більш низьку напругу, ніж інший. Балансир починає вирівнювати напруги, коли різниця в напрузі між аккумуляторами досягає 100 мВ. Пристрій знижує струм заряду, що подається на аккумулятор з більш високою напругою, перенаправляючи його на аккумулятор зі зниженою напругою, поки напругу не вирівняється. Це підвищує продуктивність масиву, і продовжує термін служби аккумуляторів. Балансир можна використовувати з масивами напругою 24, 36, 48 і вище, кратно 12 вольт.

2 реле напруги та дві лампочки індикації для них. Вони відповідають за живлення нашої системи. Тобто, якщо аккумулятор має певний відсоток заряду і може забезпечити споживання системи, то вона живиться від нього. В іншому випадку живлення буде від мережі 220В.

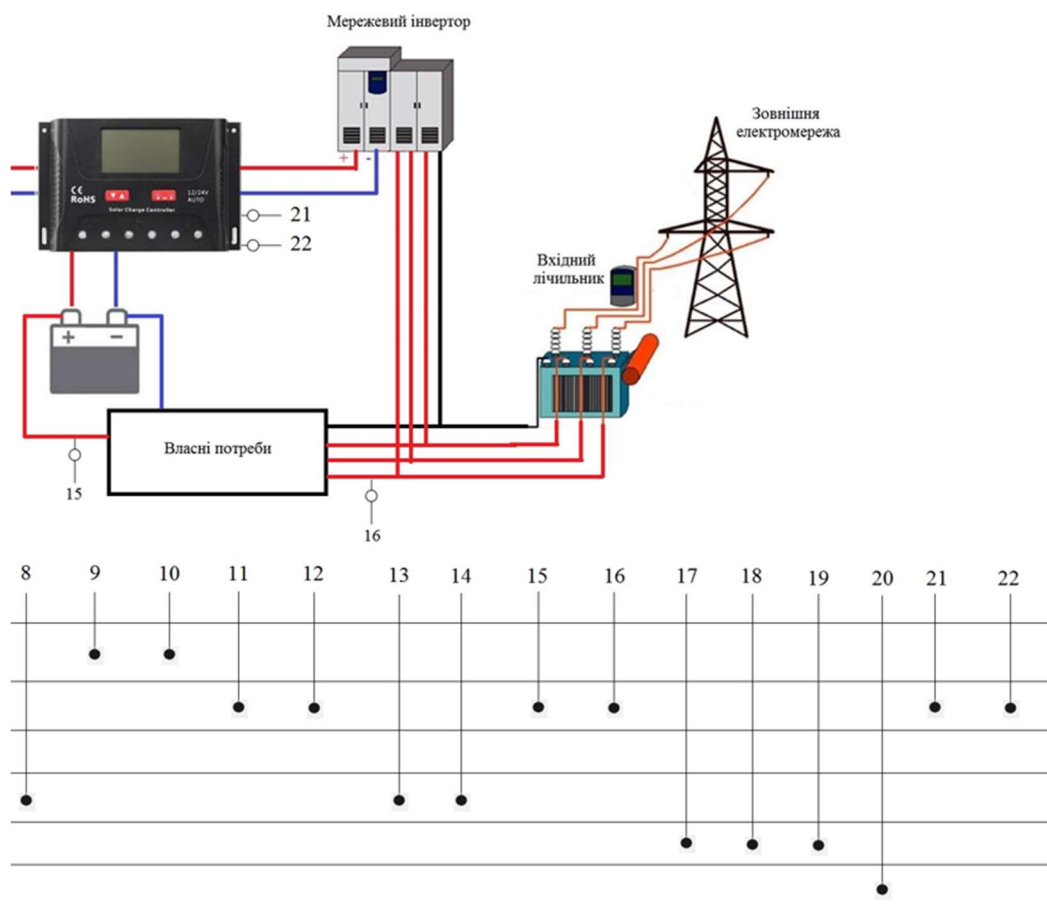


Рисунок 2.2 – Система зарядки АКБ

2.2.3 Контур аварійної зупинки системи

Контур аварійної зупинки складається з:

- датчиків температури та вологості панелей (21);
- датча температури інвертора (22);
- кулер.

Датчі вологості та температури потрібні для відслідковування цих параметрів біля акумулятора, інвертора та контролера заряду. Щоб у випадку перегріву або підвищеної вологості аварійно вимкнути станцію. Датч температури інвертора, 18B20 потрібен для того, щоб при нагрівання інвертора автоматично вмикався кулер, який використовується в якості охолоджувального пристрою.

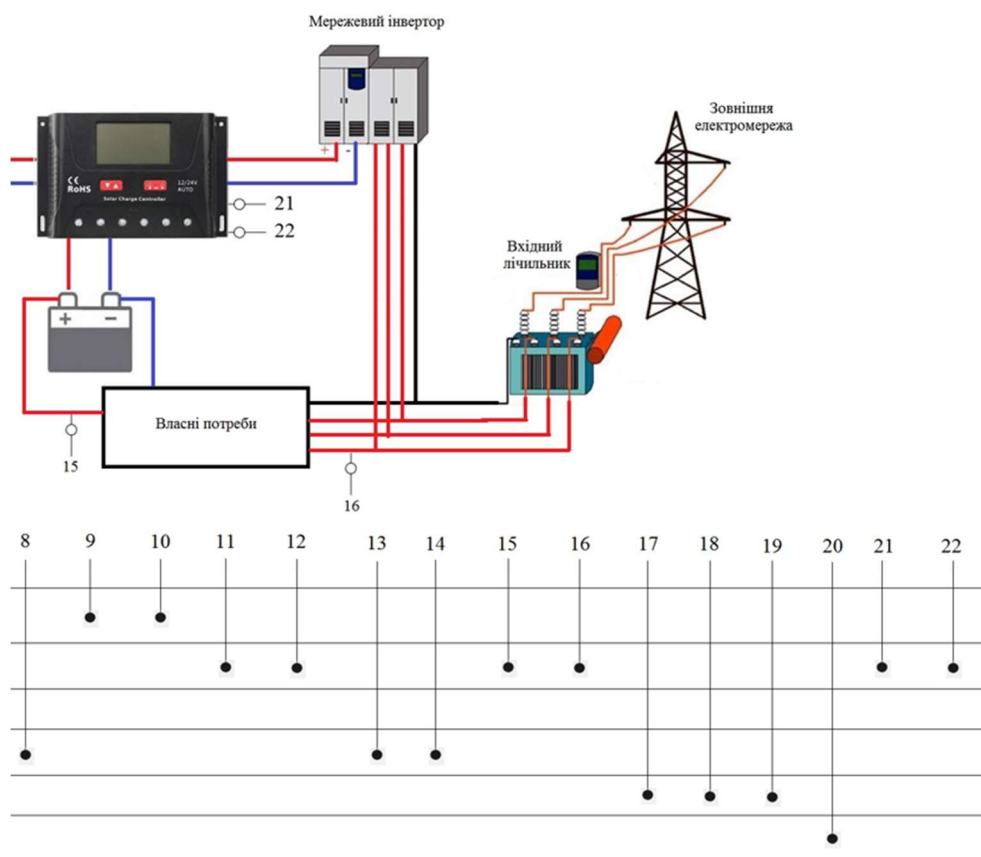


Рисунок 2.3 - Контур аварійної зупинки системи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

16

2.2.4 Система збору та обробки даних

Система збору та обробки даних складається з:

- контролеру Atmega 2560;
- LCD дисплею;
- модуля реального часу;
- гіроскопу;
- модуль ESP Wi-Fi.

В розробленій системі передбачається циклічне опитування датчиків, розрахунки по формулам, виведення результатів розрахунків на дисплей в реальному часі та керування серводвигунами, можна дійти висновку, що систему логічно проектувати на базі мікроконтролера Arduino ATmega 2560.

Так як сонце постійно змінює своє положення протягом часу та пори року необхідно використовувати модуль реального часу. В пам'яті мікроконтролера створюється таблиця зі значеннями відповідності кутів положення сонця та виробленої потужності та показань годинника в даний момент.

Гіроскоп необхідний для фіксації переміщення панелей в просторі, швидкість переміщення, визначає сторони світла, реагує на зміну кутів орієнтації тіла, у якому встановлено, щодо інерційної системи відліку.

LCD дисплей потрібен, для того щоб користувач мав змогу контролювати параметри системи та втрутитися в керування сонячною електростанцією.

Wi-Fi ESP модуль необхідний для того, щоб користувач мав повне відображення технологічних параметрів (заряд акумулятора, температура, вологість, положення панелей відносно початкового значення тощо) у будь якій точці світу. Через даний модуль, можна завантажувати параметри системи на сервер. Можна також керувати сонячною електростанцією.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

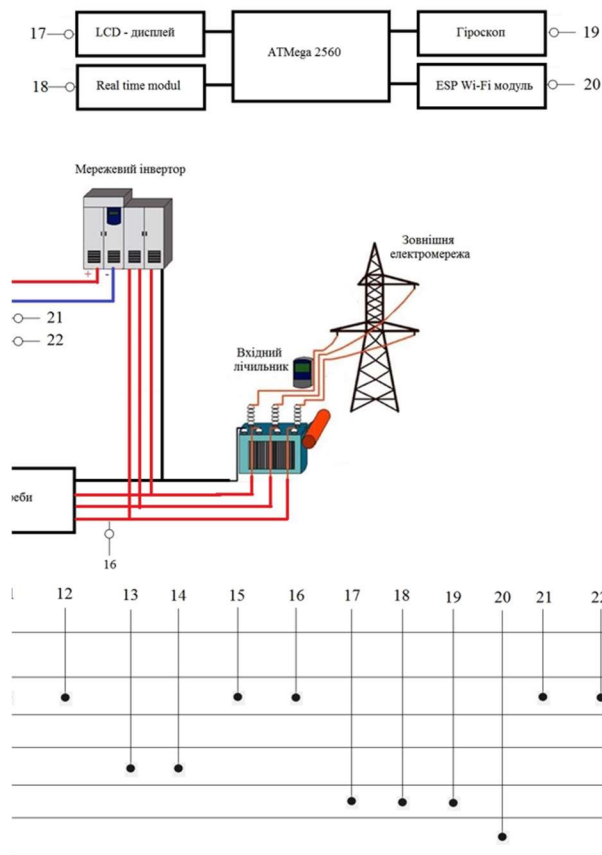


Рисунок 2.4 - Система збору та обробки даних

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

Таблиця вхідних сигналів			
№	Назва сигналу	Діапазон вим.	Тип сигналу
-	Температура, 3 канали	-55...+150	дискретний
2	Вологість, 2 канали	0...100%	дискретний
3	Інтенсивність освітлення, 8 каналів	0...100%	аналоговий
4	Струм, 2 канали	До 20 А	аналоговий
5	Напруга, 2 канали	До 600 В	аналоговий
6	Положення, 2 канали	0...360*	імпульси

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

Таблиця вихідних сигналів			
№	Назва сигналу	Тип сигналу	ВМ
1	Кроковий двигун; 2 канали	DO, DI	Кроковий двигун
2	Кулер; 1 канал	DO, DI	Охолоджувальний кулер
4	Індикація для реле напруги, 2 канали	DO, DI	Сигнальні лампи

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КЕРУВАННЯ

Поставлені задачі керування можна виконати за допомогою електронних пристроїв, таких як логічний контролер, датчики, виконавчі механізми. В сукупності дані пристрої формують систему керування трекінгом сонячної електростанції. Тому підбір технічних засобів автоматизації досить важливий процес в проєктуванні та розробки системи. Технічні засоби автоматизації слід розділити на рівні. Польовий рівень – це датчики та виконавчі механізми знаходяться безпосередньо на об’єкті керування. Середній рівень – це рівень, де знаходяться електронні пристрої, такі як логічні контролери, інвертор та інші. І останній – це верхній рівень. На верхньому рівні вирішуються завдання побудови інтерфейсу оператора чи SCADA систем. Вони можуть завантажуватися як на панель оператора так і на промисловик комп’ютер.

3.1 Вибір електроніки

Найперше, що в системі керування буде присутнє – це захисні автоматичні вимикачі, які призначені для запобігання перевантаження в системі та виникненню короткого замикання. Автоматичний вимикачі, які підійдуть нам в будь – якому контурі керування можна обрати однополюсні, з пропускною здатністю 16 ампер та кривою В. Автоматичний вимикач ABB basic M 1P B16 ідеально підходить під наші задачі. Виглядає він як показано на рисунку 3.1.

З характеристиками даного пристрою можна ознайомитися у таблиці 3.1.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20



Рисунок 3.1 - Автоматичний вимикач АВВ basic М 1Р В16

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики автоматичного вимикача АВВ basic М 1Р В16

Характеристики	Значення
Номінальний струм	16А
Струм КЗ	4.3 кА
Характеристика відключення	В
Номінальна робоча напруга	230/400 VAC
Кількість полюсів	1р
Ступінь захисту	IP 20
Січення кабелю	До 25 мм ²

Наступний пристрій, який необхідно обрати в якості захисного обладнання – реле напруги. Реле напруги використовується для захисту електричних пристроїв та систем від пошкоджень, що можуть виникнути внаслідок перенапруги в електричній мережі. Коли напруга перевищує заданий поріг, реле напруги спрацьовує і вимикає електричне з'єднання, запобігаючи можливим пошкодженням. Можемо розглянути реле напруги 1ф 8А FRV11 механічне Промфактор. Дане реле зображене на рисунку 3.2. Його характеристики можна побачити у таблиці 3.2.



Рисунок 3.2 – Реле напруги 1ф 8А FRV11 механічне Промфактор

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики реле напруги 1ф 8А FRV11 механічне Промфактор

Характеристика	Значення
Кількість фаз	1 ф
Номинальний струм комутації реле	8А
Напруга живлення	220В
Діапазон напруг	150...275В

Наступний пристрій, який необхідно обрати – інвертор. Інвертор - це пристрій, який перетворює постійний струм (DC) на змінний струм (AC). Він використовується для подачі електричної енергії зі сонячної електростанції або з батарейного акумулятора відновлювальних джерел енергії у вигляді змінного струму, який використовується у багатьох електричних пристроях та системах.

При підборі інвертора напруги слід враховувати наступні фактори:

1. Потужність: Виберіть інвертор, який має потужність не менше 7 кВт. Врахуйте, що потужність інвертора повинна відповідати сумарній потужності пристроїв, які ви плануєте живити через нього.
2. Вхідна напруга: Переконайтеся, що інвертор підтримує вхідну постійну напругу, яка відповідає вашим сонячним панелям або батарейній системі.

3. Вихідна напруга: Врахуйте, яку змінну напругу (зазвичай однофазну або трифазну) ви потребуєте для своїх пристроїв або системи, яку плануєте жити через інвертор.

4. Ефективність: Дивіться на ефективність інвертора, оскільки це впливає на його продуктивність та витрати енергії.

Вибір зупинився на автономному інверторі Altek Atlas MAX 7,2кВт-48В, який зображено на рисунку 3.3. Він має вбудований контролер заряду АКБ. Має екран, в якому можна контролювати такі параметри як напруга, та споживчу потужність. До інвертора підключаються сонячні панелі.



Рисунок 3.3 – Інверторі Altek Atlas MAX 7,2кВт-48В

Таблиця 3.3 – Параметри Altek Atlas MAX 7,2кВт-48В

Характеристика	Значення
ККД	93%
Кількість фаз	1 ф.
Номинальна потужність	7200 Вт
Вихідна напруга	230 В 50 Гц
Вхідний струм	18+18 А
Ступінь захисту	IP 40

Наступним кроком, необхідно обрати АКБ, які будуть заряджатися від інвертора. Акумуляторні батареї необхідні для накопичення електроенергії, яку потім, при відсутності електроенергії від енергії сонця, або від мережі живлення, можна буде використовувати і жити систему і будинок у тому числі. Можна обрати AGM акумулятори, ємністю 200 а/год. Їх слід підключати декілька паралельно, для отримання 48 В. Непоганим варіантом для нашої системи буде Victron Energy AGM 12V/200Ah зображеного на рисунку 3.4. Технічні характеристики можна побачити у таблиці 3.4.



Рисунок 3.4 - Victron Energy AGM 12V/200Ah

В системі також необхідно використовувати блок живлення, щоб жити контролер, та інші компоненти. Для цього підійде блок живлення від фірми АВВ СР-Е 12/10.0, зображеного на рисунку 3.5. Параметри БЖ відображено у таблиці 3.4.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Рисунок 3.5 – Блок живлення АВВ СР-Е 12/10.0

Таблиця 3.4 – Параметри АВВ СР-Е 12/10.0

Характеристика	Значення
Вхідна напруга	220 В 50 Гц
Вихідна напруга	12В
Вихідна сила струму	10 А
Потужність	120 Вт
Індикатори	так

Для керування виконуючими механізмами, зчитування інформації з датчиків, а також обробки сигналів, необхідно обрати логічний контролер. Можемо обрати контролер Arduino Mega на базі процесора АТmega 2560. Він відображений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Контролер Arduino Mega

Таблиця 3.5 – Характеристики контролера Arduino Mega

Характеристика	Значення
Вхідна напруга	7-12 В
Контролер	ATmega 2560
Цифрові піни	54 шт.
Частота	16 МГц
Програмна пам'ять	256 кБ
Оперативна пам'ять	8 кБ
Енергозалежена пам'ять	4 кБ

Оскільки в нашій системі присутні крокові двигуни, ними необхідно керувати за допомогою спеціального драйвера. Для цієї мети використовуємо драйвер DM860H, який зображено на рисунку 3.7. З характеристиками даного драйвера можна ознайомитися у таблиці 3.6.



Рисунок 3.7 – Драйвер крокового двигуна DM860H

Таблиця 3.6 – Характеристики крокового двигуна DM860H

Характеристика	Значення
Напруга живлення	VDC 12-110V
Діапазон робочих струмів	ATmega 2560
Цифрові піни	54 шт.
Частота	16 МГц
Програмна пам'ять	256 кБ
Оперативна пам'ять	8 кБ
Енергозалежена пам'ять	4 кБ

В якості індикаторів можемо обрати світлодіоди зеленого кольору, які зображено на рисунку 3.8. Характеристики показано у таблиці 3.7.



Рисунок 3.8 – Індикатор – світлодіод

Таблиця 3.7 – Характеристики світлодіоду

Характеристика	Значення
Напруга живлення	2..2,5 В
Колір	зелений
Сила струму	20 мА
Розмір	5 мм

Також необхідно обрати модуль реального часу. Сонце постійно змінює своє положення протягом часу та пори року. В пам'яті мікроконтролера створюється таблиця зі значеннями відповідності кутів положення сонця та виробленої потужності та показань годинника в даний момент

В якості модуля реального часу може обрати RTC DS3231, зображений на рисунку 3.9. Характеристики відображено у таблиці 3.8.



Рисунок 3.9 – Модуль реального часу RTC DS3231

Таблиця 3.8 – Характеристики світлодіоду

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3.3..5 В
Інтерфейс	I2C
Батарейка	CR2032
Розміри	38 x 22 x 14 мм

Також необхідно обрати панель оператора, за допомогою якої можна буде керувати положенням сонячних панелей та слідкувати за параметрами системи. Ідеальним варіантом є панель сенсорна панель керування Samkoon. Вона має низьку ціну, нормальні параметри та підходить під наші умови експлуатації. Побачити дану панель можна на рисунку 3.10, а характеристики описано в таблиці 3.9.



Рисунок 3.10 - панель управління Samkoon

Таблиця 3.9– Характеристики сенсорної панелі оператора Samkoon

Характеристика	Значення
Модель	SPLC-SK-070QS
Розмір екрану 7”	I2C
Роздільна здатність	840x480
ОЗУ	128 мб DDR3
Процесор	Cortex A7 1 ГГц
Ethernet	Є
Послідовний порт	COM1:RS232 COM2:RS422/485 COM3:RS485
Живлення	12 В постійного струму

Для системи керування також необхідно обрати LCD дисплей. Для цього підходить LCD 1602, зображений на рисунку 3.11. Має I2C інтерфейс, та можна виводити будь які 32 символи.



Рисунок 3.11 – LCD дисплей

Також необхідно обрати Wi-Fi модуль, за допомогою якого, можна буде керувати системою дистанційно. Для цих цілей обираємо ESP-32. Його зображено на рисунку 3.12.

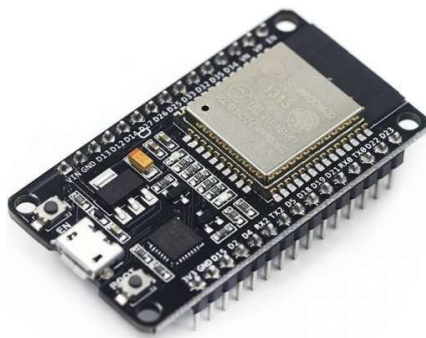


Рисунок 3.12 – Wi-Fi модуль ESP-32

3.2 Вибір датчиків

В системі трекінгу сонячної електростанції ми використовуємо датчики освітлення. Завдяки ним, система буде відслідковувати максимально вигідну позицію панелей, тобто коли сонячні промені, з максимальною інтенсивністю потраплятимуть на фоторезистор, панелі будуть переміщуватися у відповідну зону інтенсивного потрапляння світла. В якості датчиків інтенсивності освітлення можна обрати звичайні фоторезистори. Фоторезистори, це елементи, які змінюють свій опір в залежності від інтенсивності потрапляючого на нього світла. Фоторезистор GM5528 зображено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 - Фоторезистор GM5528

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики фоторезистора GM5528

Характеристика	Значення
Максимальна напруга	150В
Максимальна потужність	90 мВт
Світловий опір	10-20 КОм
Темновий опір	1 МОм
Час відгуку	30 мс
Робоча температура	-30...+70 *С

Також необхідно вимірювати температуру та вологість на панелях, а також температуру біля акумуляторів та інвертора, щоб у випадку критичних значень аварійно зупинити систему. Вимірювати температуру та вологість панелей будемо за допомогою датчиків DHT 11, а температуру всередині шафи керування давачем температури 18В20. Їх зображено на рисунках 3.14 та 3.15 відповідно.

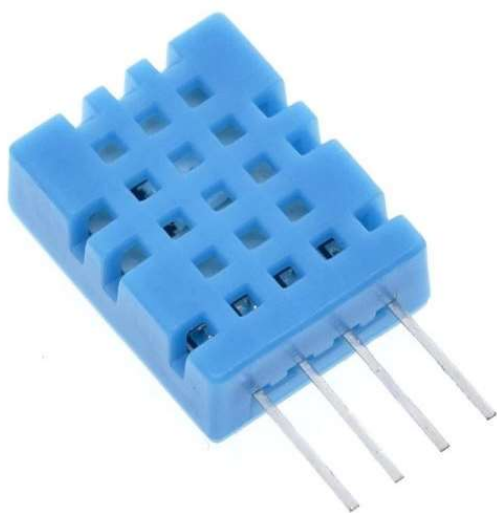


Рисунок 3.14 – Датчик температури та вологості DHT-11

Таблиця 3.11 – Характеристика датчика температури та вологості DHT-11

Характеристика	Значення
Вологість	5...95%
Визначення температури	-20...+60 *С
Живлення	3.5...5 В
Частота опитування	Не більше 1Гц

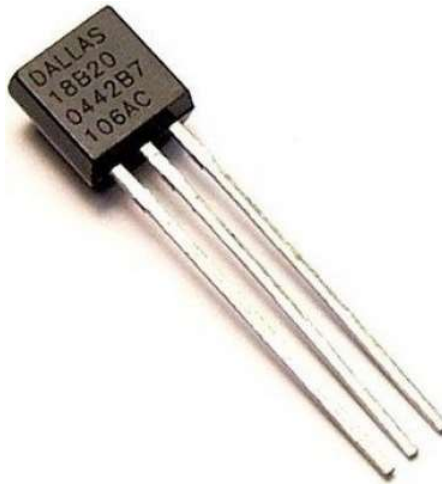


Рисунок 3.15 – Датчик температури 18B20

Таблиця 3.12 – Характеристика датчика температури 18B20

Характеристика	Значення
Точність показання температури	0.5 *C
Визначення температури	-55...+125 *C
Живлення	3.5...5 В
Інтерфейс	1-Wire
Струм споживання	1 мА

Оскільки в системі присутній кроковий двигун і нам необхідно знімати положення з нього, щоб організувати зворотній зв'язок. Для цього використовують енкодер. Для цих цілей підійде інкрементальний енкодер OMRON E6B2-CWZ6C 100P/R 5-24V, який зображений на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 - Інкрементальний енкодер OMRON E6B2-CWZ6C 100P/R 5-24V

Таблиця 3.13 – Параметри енкодера OMRON

Характеристика	Значення
Тип	Інкрементальний
Імпульси на один оборот	10...2000
Живлення	5...24 В
Частота відзову	100 кГц
Струм споживання	до 80 мА

Щоб зчитувати положення панелей в просторі можна використовувати гіроскоп, а саме модель MPU-6050. Його зображено на рисунку 3.17.

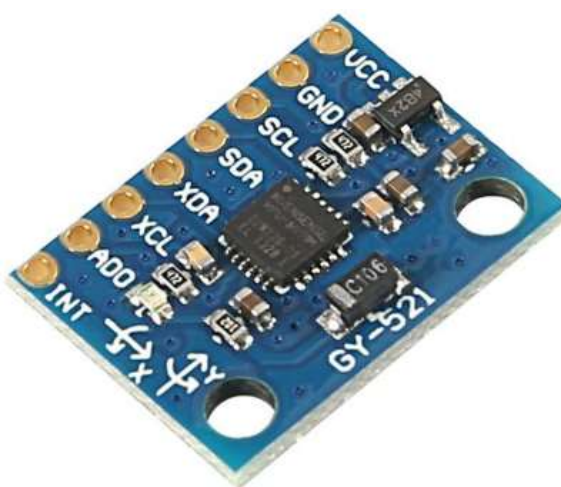


Рисунок 3.17 – Датчик MPU-6050

Таблиця 3.14 – Параметри гіроскопа MPU-6050

Характеристика	Значення
Живлення	3...5 В
Інтерфейс	I2C
АЦП	16 біт
Точність	250, 500, 1000, 2000 °/с
Розмах акселерометра: 2, 4, 8, 16 g	Розмах акселерометра: 2, 4, 8, 16 g

3.3 Вибір виконавчих механізмів

Щоб змінювати положення панелей необхідно обрати кроковий двигун. Їх потрібно 2, для осі X та осі Y. Оскільки конструкція не маленька, нам необхідно обрати достатньо потужний двигун. Гарним варіантом є кроковий двигун Nema 34 86HS2100-05, який зображено на рисунку 3.18.



Рисунок 3.18 – Кроковий двигун Nema 34

Таблиця 3.15 – Характеристики крокового двигуна Nema 34.

Характеристика	Значення
Живлення	12 В
Момент	4.4 Н*м
Номінальний струм	5 А
Вид	Біполярний, двофазний

Для охолодження щита керування необхідно обрати кулер. Гарним варіантом буде вентилятор для корпусу 120mm Frime Black. Зображений на рисунку 3.19, а характеристики знаходяться в таблиці 3.16.



Рисунок 3.19 – Кулер 120mm Frime Black

Таблиця 3.15 – Характеристики Frime Black.

Характеристика	Значення
Живлення	12 В
Швидкість обертання	1300 об/хв
Повітряний потік	90 CFM
Рівень шуму	36 дБ

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

СЧ-91 6.151.00.ПЗ

Лист

36

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНО-ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Система автоматизованого проектування

Система автоматизованого проектування (далі САПР) - це комплекс програмних засобів, що використовуються для автоматизації різних етапів проектування в різних галузях, включаючи інженерію та будівництво.

САПР дозволяє інженерам і проектувальникам створювати, змінювати і аналізувати різноманітні проекти з використанням комп'ютерних моделей та інструментів. Вона дозволяє виконувати такі завдання, як створення 2D або 3D моделей, розрахунки, симуляції, аналіз та оптимізацію проектів.

САПР є незамінним інструментом для різних інженерних галузей, включаючи машинобудування, електротехніку, будівництво, архітектуру та інші. Вона спрощує та прискорює процес проектування, забезпечує більшу точність і надійність проектів, а також полегшує співпрацю між різними учасниками проекту.

Розглядаючи різні системи автоматизованого проектування, мій вибір зупинився на системі EPLAN.

EPLAN - це інтегрована система автоматизованого проектування (САПР), спеціально розроблена для проектування електричних, автоматизованих систем керування та електротехнічного обладнання. Вона надає засоби для проектування схем електричних розподільних систем, керування електродвигунами, панелей управління, систем автоматизації та інших електротехнічних компонентів.

EPLAN дозволяє інженерам створювати, моделювати та документувати електричні схеми та системи. Вона включає в себе бібліотеки символів, шаблони проектів, інтелектуальні засоби підбору компонентів, автоматичне створення списків матеріалів, генерацію зв'язків і кабельних маршрутів, а також можливості спільної роботи в команді.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

EPLAN допомагає покращити ефективність та точність проектування електротехнічних систем, знижує час, необхідний для створення проектів, та забезпечує стандартизацію та консистентність у процесі проектування. Вона є популярним інструментом серед інженерів, що займаються проектуванням електротехнічних систем у різних галузях.

4.2 Розробка електрично-принципової схеми

За допомогою бібліотеки умовно графічних зображень можемо почати розробляти електрично-принципову схему. Починають зазвичай саме із схеми живлення, показують ввідні автомати та розподілення живлення по щиту керування. На схемі зображено автоматичний вимикач, реле напруги, датчики струму, інвертор, сонячні панелі, та АКБ. Також на схемі зображено контролер заряду батарей, але оскільки ми обрали інвертор, який має вбудований контролер заряду він по суті не потрібен. На схемі його відображено з ціллю показати різні виконання системи автоматизованого трекінгу сонячної електростанції. Схему живлення системи керування зображено на рисунку 4.1

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

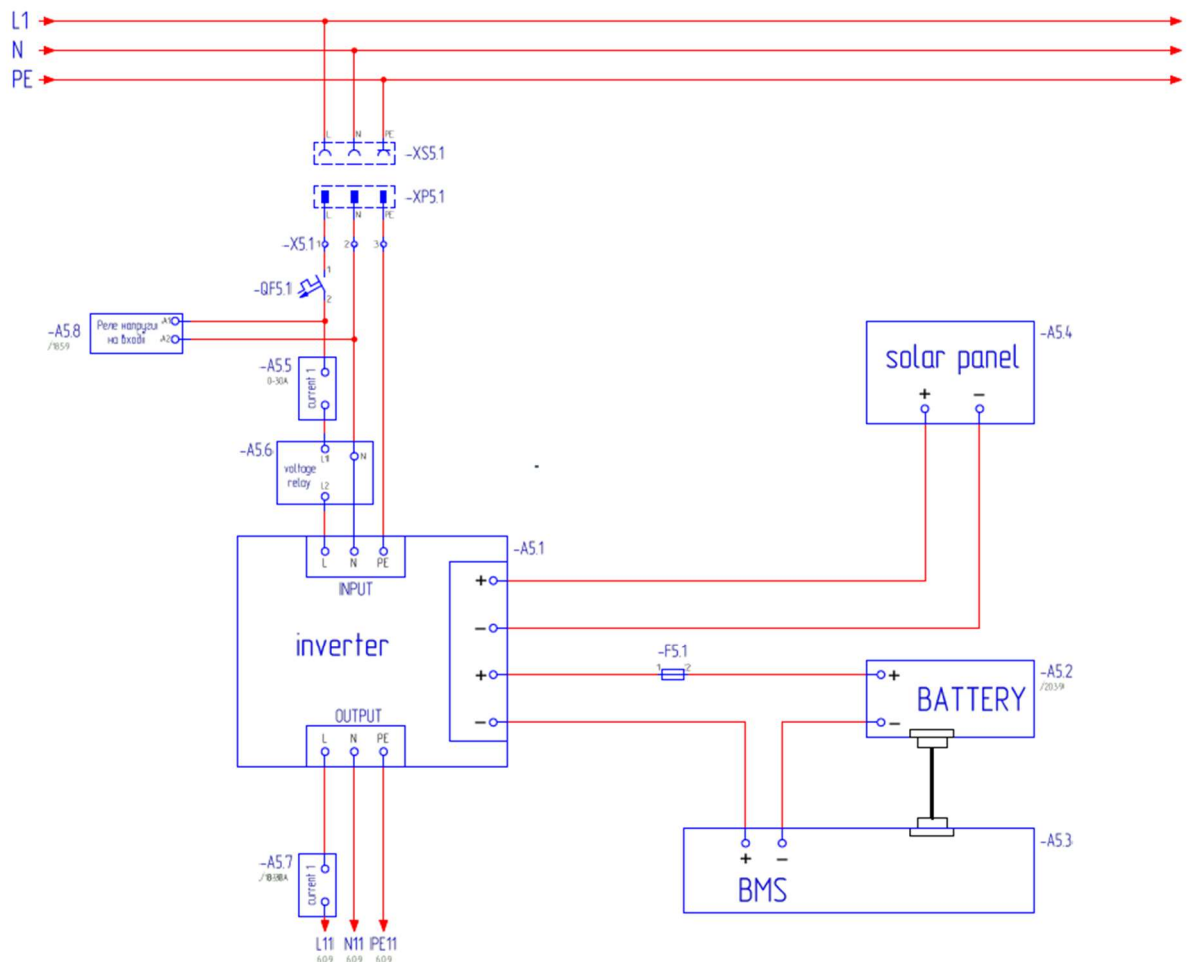


Рисунок 4.1 – Схема живлення автоматизованої системи трекінгу сонячною електростанцією

Оскільки система буде житися від власної виробленої електроенергії, після інвертора необхідно встановити блок живлення та автоматичні вимикачі на кожну розетку, а також реле напруги.

Ці всі елементи виконують захисну функцію. Блок живлення потрібен для роботи контролера та інших електронних пристроїв, які повинні живитися від 12 вольт постійного струму. На рисунку 4.2 зображено продовження схеми живлення.

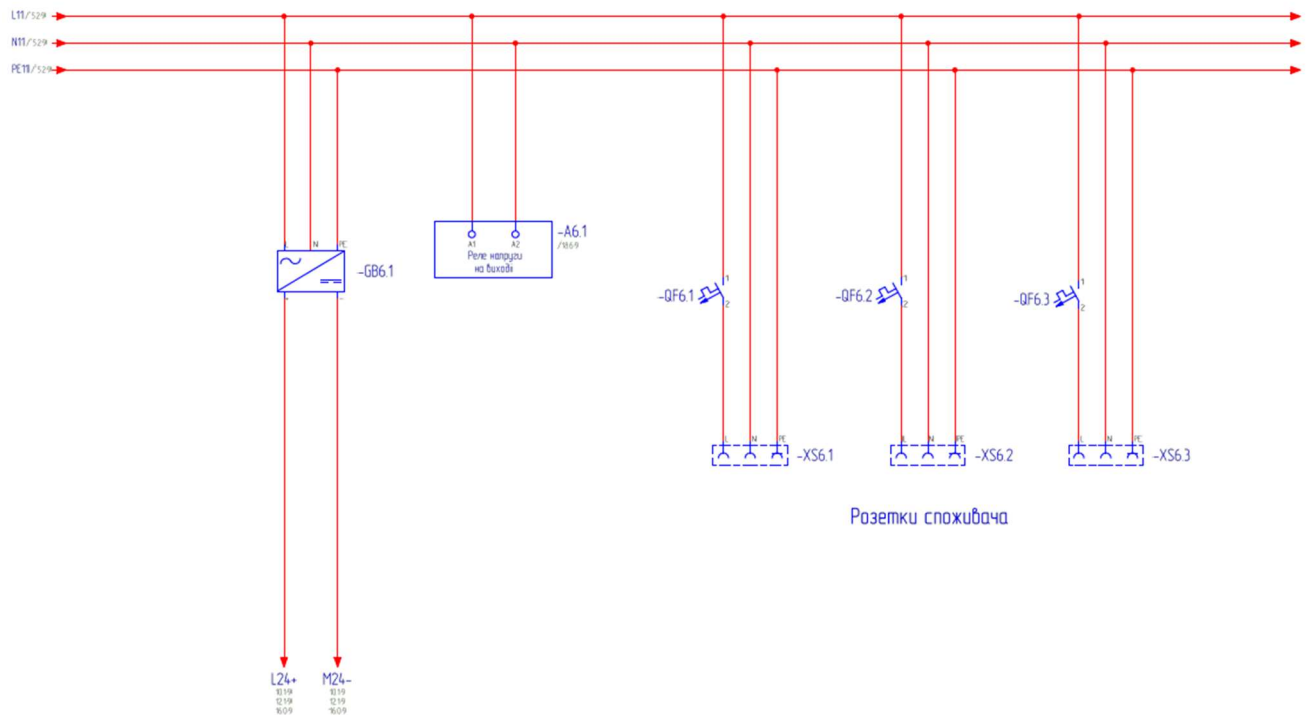


Рисунок 4.2 – Продовження схеми живлення

На наступній схемі зображено живлення контролера, а також підключення до контролера крокового двигуна через драйвер. Також показано підключення енкодера та підключення кінцевого вимикача. Схема зображена на рисунку 4.3.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

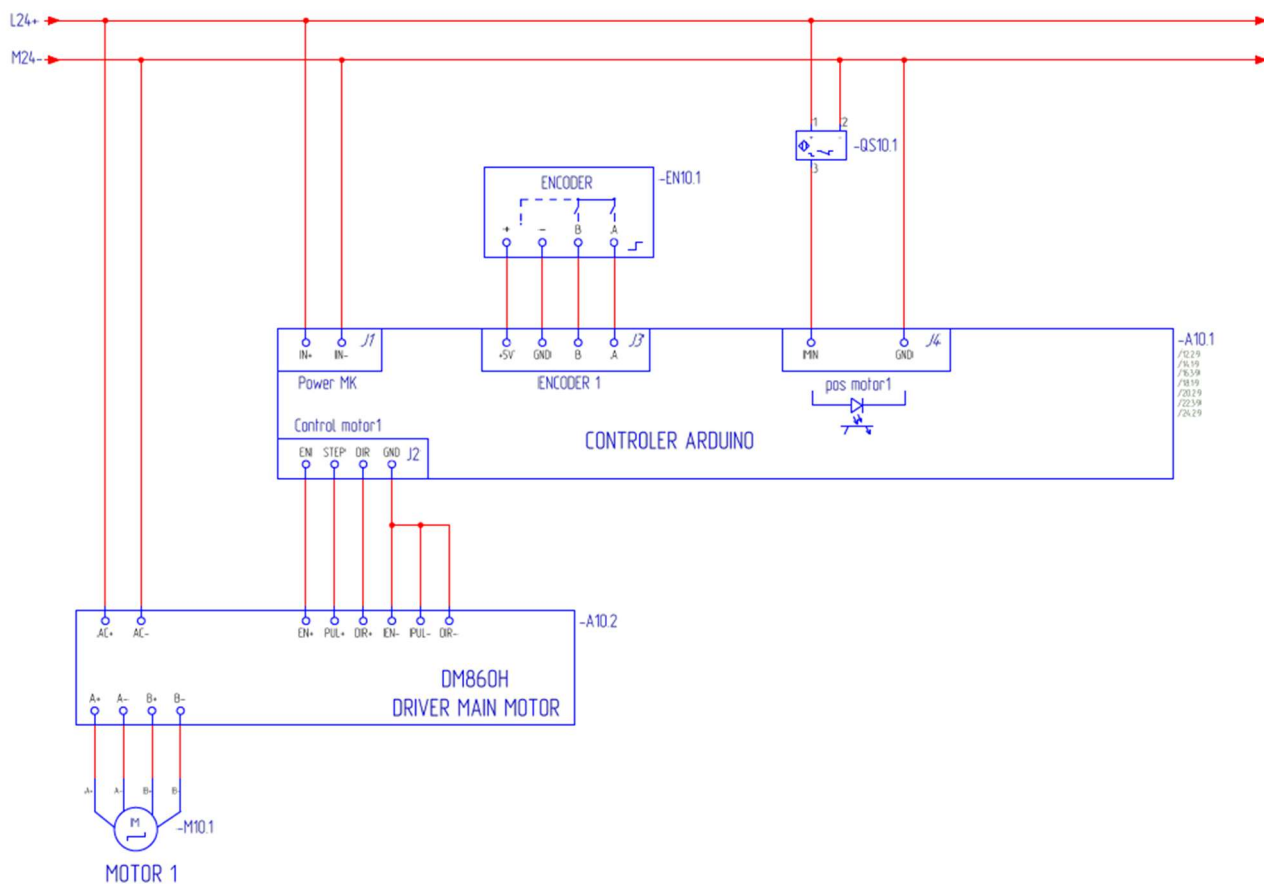


Рисунок 4.3 – Схема осі X повороту

Схема осі Y повороту аналогічна осі X повороту та зображена на рисунку 4.4.

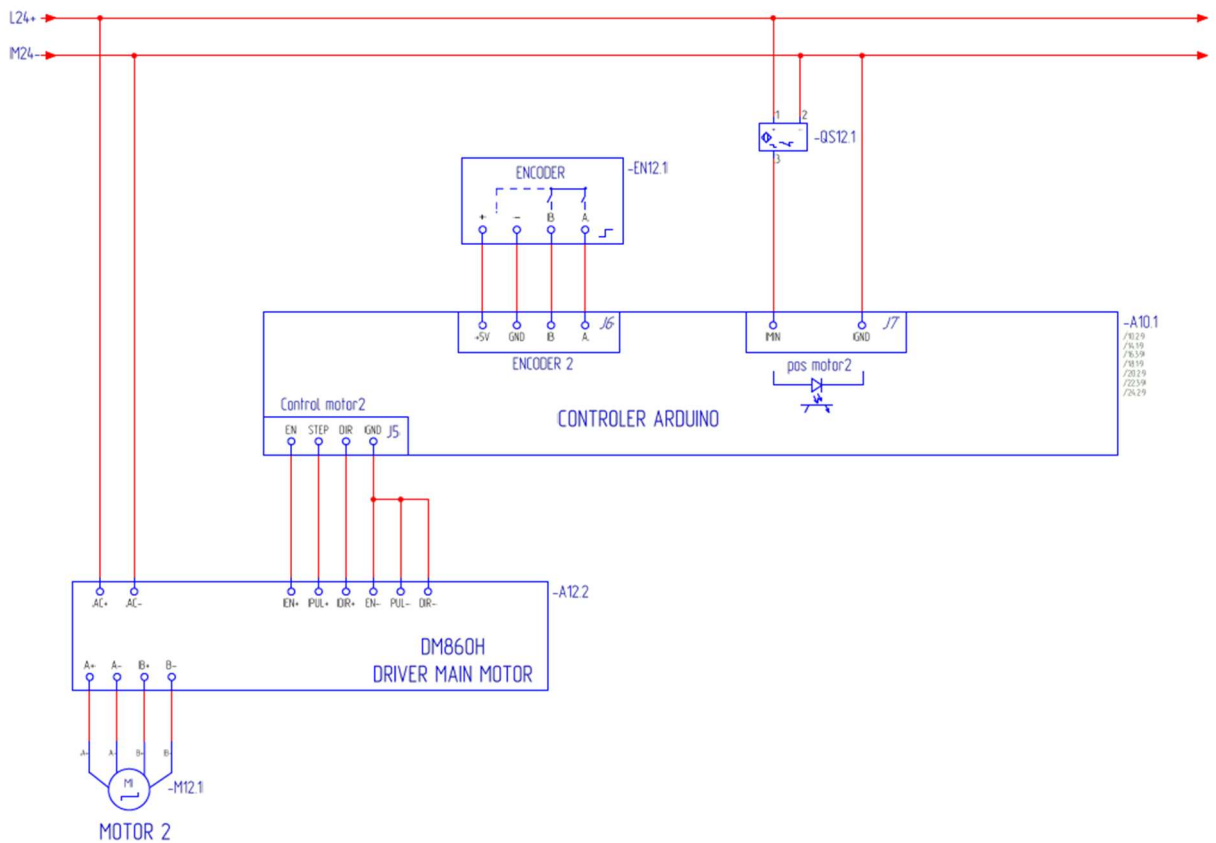


Рисунок 4.4 – Схема осі Y повороту

Наступне, що відобразимо на схемі – підключення датчиків освітлення (фоторезисторів). Всього їх 8 штук. Схема зображена на рисунку 4.5.

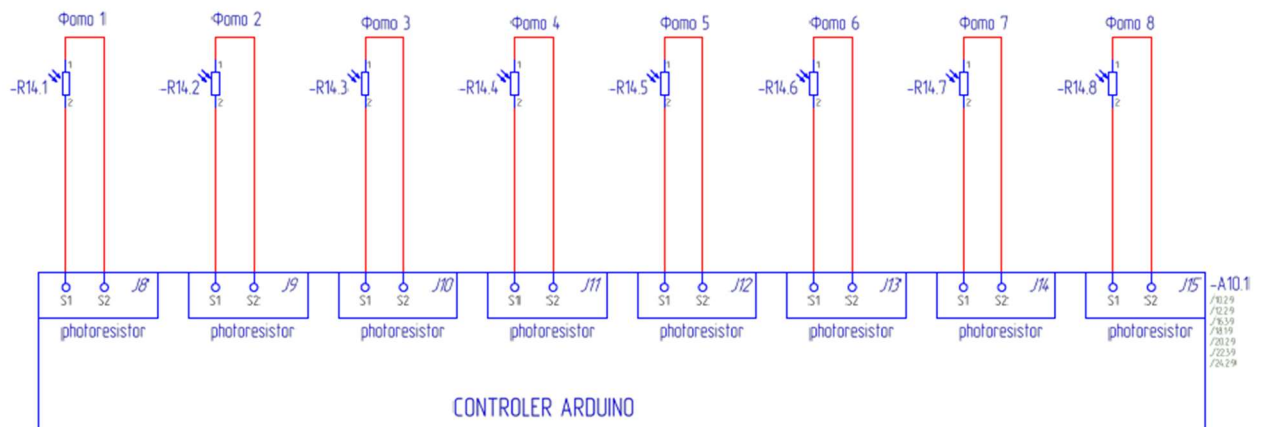


Рисунок 4.5 - Схема підключень ВМ

Наступним кроком, зображуємо підключення датчиків температури та вологості до контролера а також зображуємо виконавчий механізм – кулер, який охолоджуватиме щит керування. На схемі також зображено реле, воно виконує функцію комутації. Схему зображено на рисунку 4.6.

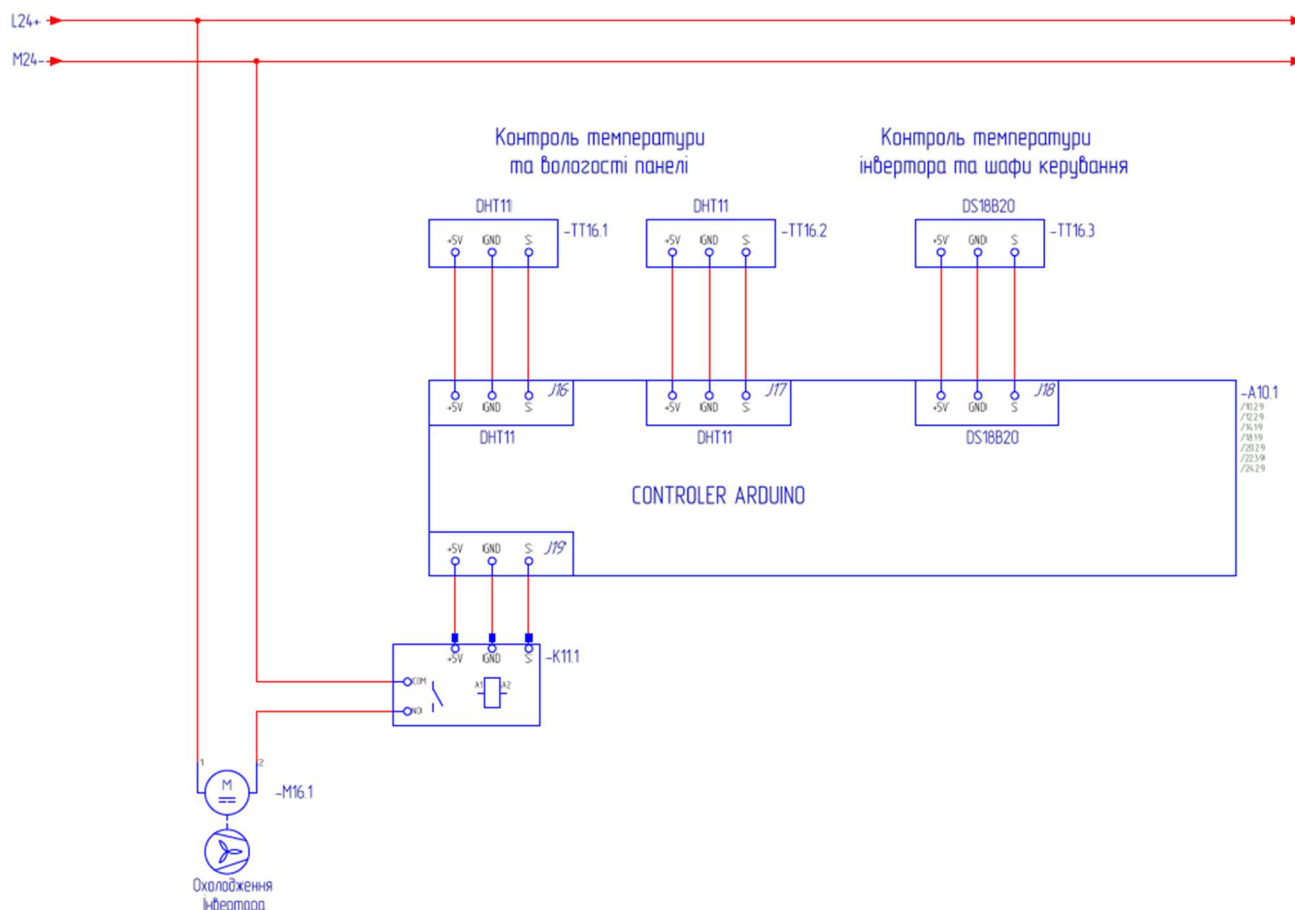


Рисунок 4.6 – Охолодження щит керування

Схема контролю витрат, струму та наявності напруги складається з датчиків струму. Сигнал наявності напруги можна взяти з реле напруги. Світлодіоди, які зображені на схемі необхідні для індикації присутності напруги. Саму схему зображено на рисунку 4.7.

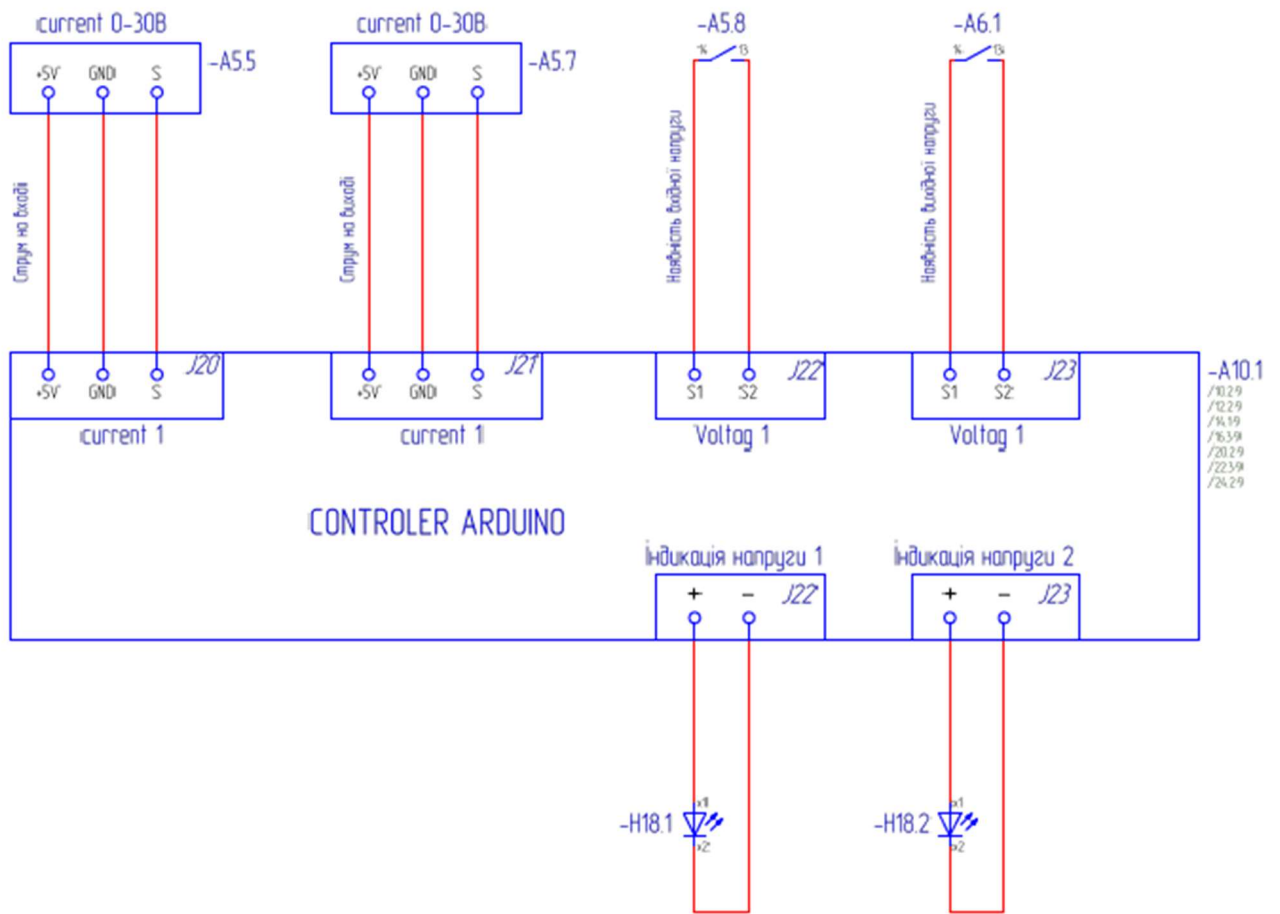


Рисунок 4.7 – Схема контролю витрат, струму та наявності напруги

Схема контролю напруги на акумуляторі та положення сонячних панелей у просторі зображена на рисунку 4.8. Складається схема з контролера, гіроскопа та модуля заряду акумулятора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-91 6.151.00.ПЗ

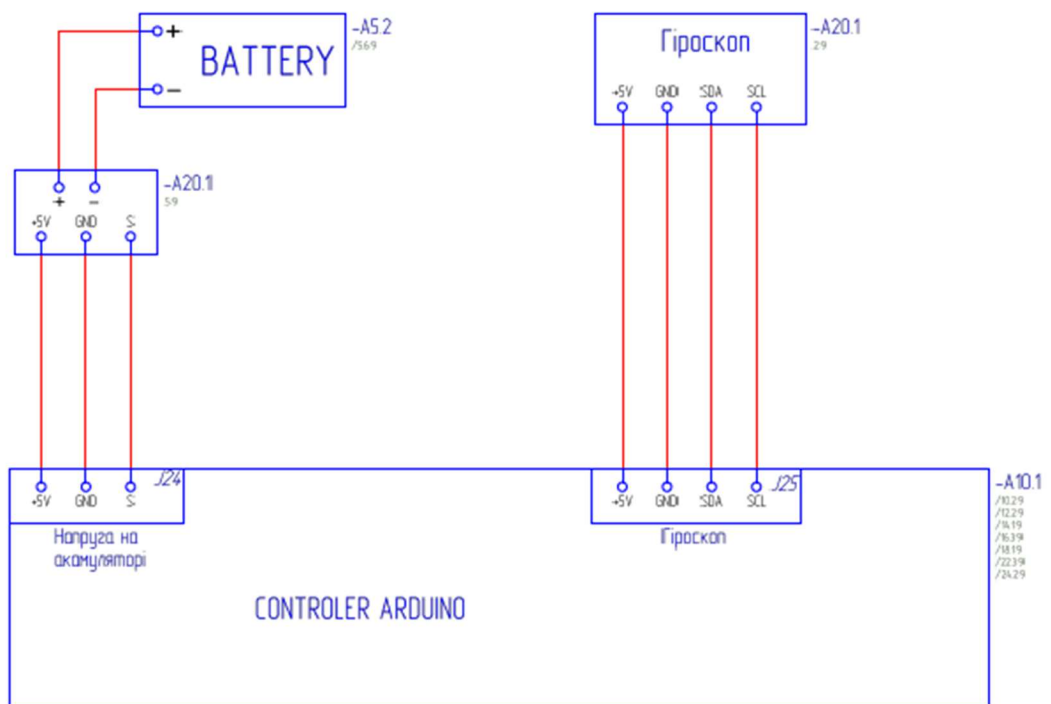


Рисунок 4.8 – Схема контролю напруги на акумуляторі та положення сонячних панелей

Також необхідно підключити LCD екран та модуль реального часу. Схема показана на рисунку 4.9.

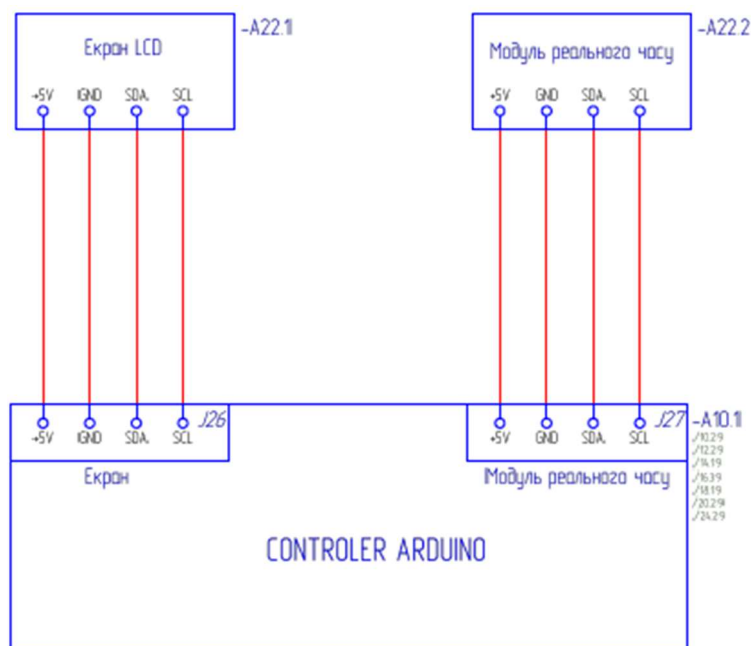


Рисунок 4.9 – Підключення LCD екрану та модял реального часу

Схему підключення Wi-Fi модуля та кнопки зміни режиму зображено на рисунку 4.10.

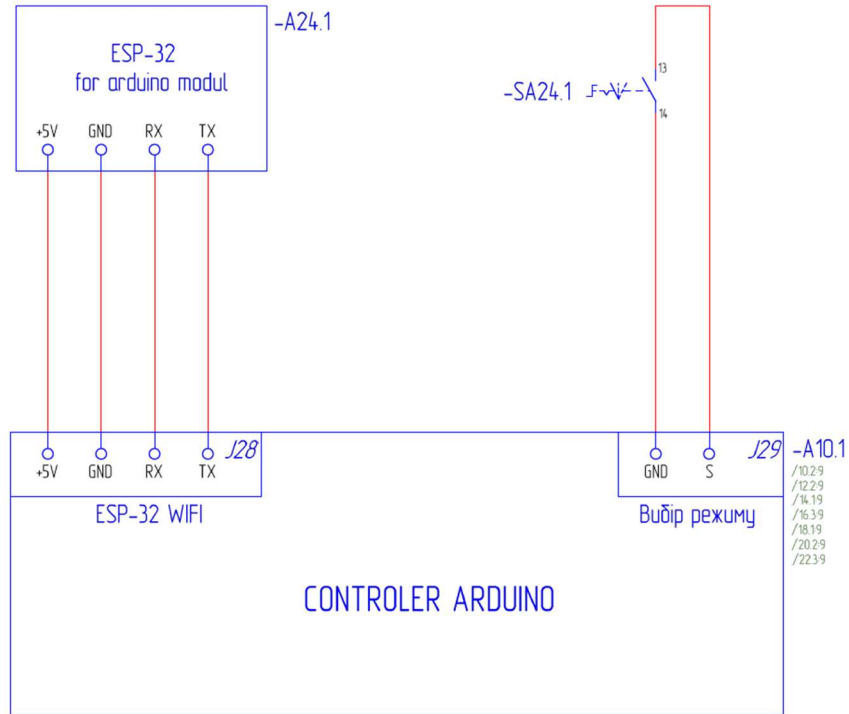


Рисунок 4.10 – Підключення Wi-Fi та кнопки вибору режиму

РОЗДІЛ 5 ІНТЕРФЕЙС ОПЕРАТОРА

5.1 Призначення інтерфейсу оператора

Інтерфейс оператора - це частина системи керування, яка дозволяє оператору взаємодіяти з об'єктом керування, контролювати його роботу і отримувати інформацію про стан системи. Інтерфейс оператора зазвичай включає в себе наступні елементи:

1. Інтерфейс оператора надає візуальне відображення інформації про стан системи, таке як поточні значення параметрів, стан пристроїв, відомості про аварії тощо. Це можуть бути графіки, схеми, таблиці, числові значення тощо.

2. Інтерфейс оператора дозволяє оператору керувати системою шляхом виконання різних дій, таких як включення/вимкнення пристроїв, зміна параметрів, налаштування режимів роботи тощо. Це може включати кнопки, перемикачі, ползунки, текстові поля тощо.

3. Інтерфейс оператора відображає інформацію про роботу системи, таку як параметри вимірювання, дані з датчиків, стан пристроїв тощо. Оператор може відстежувати цю інформацію для контролю та аналізу роботи системи.

4. Інтерфейс оператора може надавати сповіщення та тривоги про виникнення проблем або аварійних ситуацій в системі. Це можуть бути звукові сигнали, візуальні попередження, повідомлення на екрані тощо.

5. Інтерфейс оператора зазвичай має систему навігації та меню, що дозволяє оператору переміщатися між різними сторінками чи розділами інтерфейсу, виконувати пошук інформації та доступатися до різних функцій системи.

6. Деякі інтерфейси оператора мають можливість записувати дані про роботу системи або генерувати звіти, які можуть бути використані для моніторингу, аналізу або звітності.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

5.2 Розробка інтерфейсу для панелі оператора

Для розробки НМІ необхідно обрати програмне забезпечення в якому і будемо працювати. Я обрав TP Designer.

TP Designer - це програмне забезпечення, розроблене компанією Siemens, яке використовується для проектування систем автоматизації промислового устаткування та процесів. Воно включає в себе інструменти для створення інтерфейсу оператора.

TP Designer дозволяє створювати графічні інтерфейси користувача (НМІ) для відображення та керування автоматизованими системами. За допомогою графічного редактора, можна створювати екрани, кнопки, діаграми, діалогові вікна та інші компоненти НМІ, що спрощують взаємодію операторів з системою.

TP Designer дозволяє візуалізувати роботу програмного забезпечення та параметрів системи. Ви можете налаштовувати візуальні елементи, включаючи анімацію, кольори, шрифти, графіки та інші властивості, для оптимального відображення та спостереження за станом системи.

Отже, починаємо розробку із першої сторінки, вона є початковим екраном, яку зображено на рисунку 5.1



Рисунок 5.1 – Початковий екран

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Далі, після того як оператор натисне кнопку «Перейти до роботи», він матиме змогу обрати режим керування. Режимів – два, автоматичний та ручний. (рис. 5.2).

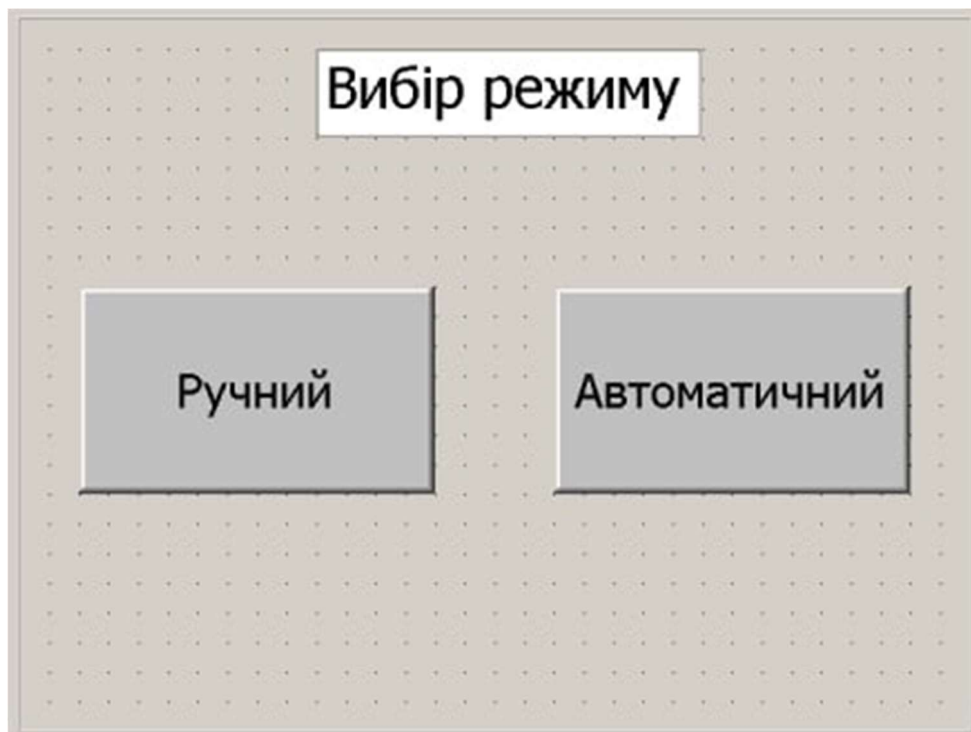


Рисунок 5.2 – Вибір режиму роботи

Коли оператор обирає автоматичний режим, він потрапляє на екран з параметрами системи, де відображається температура, вологість, час роботи, заряд акумуляторів. Також присутні кнопки «Меню» та «Другий екран». Інтерфейс керування зображено на рисунку 5.3.



Рисунок 5.3 – Автоматичний режим роботи

Якщо натиснути на кнопку другий екран, потрапляємо на сторінку де відображаються такі параметри системи, як напруга на вході, напруга на виході, споживча потужність за годину, вироблена потужність. Зображено сторінку на рисунку 5.4.

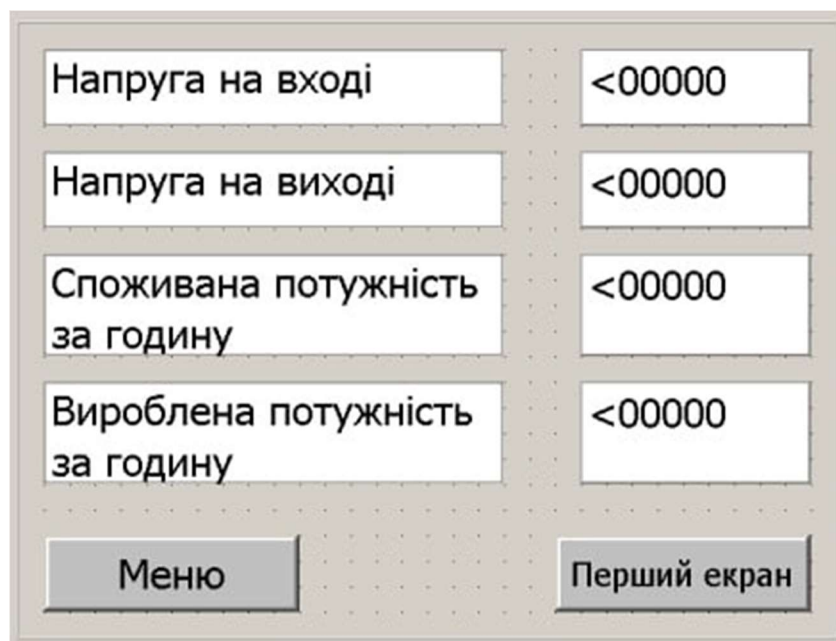


Рисунок 5.4 – Другий екран автоматичного режиму

Як бачимо присутні не лише елементи контролю за параметрами, але і кнопки «Меню» та «Перший екран». «Перший екран» зображено на рисунку 5.3.

Якщо оператор вибере ручне керування сонячною електростанцією, то система відразу запропонує зробити вибір живлення системи, від мережі чи автономне. Це показано на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Ручний режим керування

При натисканні на кнопку «Далі», перед нами з'являється сторінка, де можна ввести дані, а саме кути повороту, а відповідно крокові твігуни виконають задану роботу і повернуться на задані кути. Зображення інтерфейсу оператора для ручного керування трекінгом зображено на рисунку 5.6.



Рисунок 5.6 – Керування у ручному режимі сонячною електростанцією

ВИСНОВКИ

В данному дослідженні було розглянуто тему трекінгу сонячної електростанції потужністю до 7 кВт. Були досліджені основні принципи роботи сонячних електростанцій та різні методи трекінгу, використовувані для оптимального розташування сонячних панелей. Також були розглянуті компоненти автоматизованої системи трекінгу, включаючи реле напруги, автоматичний вимикач, інвертори напруги та інші.

В результаті дослідження було виявлено, що трекінг сонячних панелей може значно підвищити ефективність сонячних електростанцій шляхом оптимального вирівнювання їх положення відносно сонця протягом дня. Це може призвести до збільшення виробництва електроенергії і зниження витрат на її виробництво.

Для успішної реалізації автоматизованої системи трекінгу сонячної електростанції було здійснено огляд системи керування, а саме її призначення, з чого система складається та визначено характеристики системи.

Також було сформовано ряд функціональних задач керування, розроблено функціональну схему автоматизації, описано принцип роботи всієї системи, шляхом розбиття станції на підсистеми.

Здійснювався вибір технічних засобів автоматизації для вирішення поставлених задач керування, а саме датчиків, виконавчих механізмів та логічних пристроїв для щита керування.

У дипломному проєкті розроблялася електрично-принципова схема, за допомогою системи автоматизованого проєктування E-Plan. У ній зображалися такі схеми, як схема живлення та схеми підключення до контролера контрольно – вимірювальних приладів та виконавчих механізмів.

Розроблено інтерфейс оператора у програмному забезпеченні TP Designer від компанії SIEMENS. Розроблявся кожен контур керування.

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лисенко, О., & Кобелєв, В. (2019). Принципи трекінгу сонячних панелей. Електротехнічні та комп'ютерні системи, 33(105), 34-41.
2. Гайдамака, В. В., Яковлєв, І. В., & Твердохліб, О. М. (2018). Аналіз систем трекінгу сонячних панелей. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2(894), 98-106.
3. Кононов, С. А., & Білоножко, С. В. (2020). Розробка автоматичної системи трекінгу для сонячних панелей. Електротехнічні та комп'ютерні системи, 34(106), 39-46.
4. Reddy, B. V. R., & Gupta, S. P. (2019). Performance analysis of sun tracking systems for solar photovoltaic applications. Solar Energy, 183, 434-448.
5. Syafaruddin, A., & Rahman, M. A. (2021). Solar tracker systems: a review of classification, tracking methods, and performance optimization. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135, 110154.
6. Radziemska, E., & Radziemski, M. (2019). Solar tracking systems: A review. Journal of Energy Storage, 23, 174-187.
7. Кучерук, Д. В., Лазаренко, І. Ю., & Гордієнко, І. В. (2019). Оцінка впливу кута нахилу та орієнтації площин сонячних модулів на виробництво електроенергії. Електротехнічні та комп'ютерні системи, 31(99), 37-42.
8. Гречана, О. В., Кобелєв, В. П., & Булгаров, Є. І. (2018). Аналіз технологій трекінгу сонячних панелей. Вісник НТУ "ХПІ", 43(1260), 43-50.
9. Махортов, М. О. (2017). Сучасні трекінгові системи для фотоелектричних модулів. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну, 5(93), 137-145.
10. Pal, A., Saxena, R., Jain, S., & Jain, P. K. (2018). A review of solar tracking technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 1092-1105.

11. Periasamy, P., & Vasantharaj, S. (2020). Comparative study of solar tracking systems for efficient power generation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 42, 100953.

12. Belhachat, N., & Benbouzid, M. E. H. (2020). Comparative study of photovoltaic panel tracking systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109655.

13. Hafez, A. B., Arunkumar, T., & Prabakaran, N. (2019). An intelligent solar tracking system using artificial neural network for improved power generation. *Solar Energy*, 179, 574-585.

14. J. Mikulik, M. Tomczuk, and M. Czerwiński. "Prospects of solar energy in Poland." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, 2015, pp. 1114-1122.

15. A. Sobczyk, P. Rodziewicz, and M. Mikołajczak. "Solar energy resources in Poland and their availability." *Renewable Energy*, vol. 148, 2020, pp. 319-326.

					<i>СЧ-91 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

