

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
_____ 2024 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 позиціонування сонячних панелей»

Здобувачки групи СУ-01

Лук'яніхіної Анастасії Іванівни

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

(підпис)

Анастасія ЛУК'ЯНІХІНА

Керівник: завідувач кафедри КСУ, к. т. н. Петро ЛЕОНТЬЄВ

(підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	T3	Технічне завдання	3		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-01 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	46		
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A2	СУ-01 6.151.01 A2	Функціональна схема автоматизації	1		
6	A2	СУ-01 6.151.01 E3	Електрична принципова схема	1		

					СУ-01.6.151.01.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Анастасія ЛУК'ЯНИХІНА			Автоматизація позиціонуванням сонячних панелей Відомість проєкту	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						
Реценз.						СумДУ, СУ-01		
Н. Контр.								
Затверд.		Петро ЛЕОНТЬЄВ						

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Лук'яніній Анастасії Іванівні

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація позиціонування сонячних панелей затверджена наказом ректора СумДУ № 0312 VI від " 29 " березня 2024 р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 30 " травня 2024 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, наукові публікації та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис системи, розробка структурної схеми системи, постановка задач, які потребують вирішення, опис контурів керування, розробка функціональної схеми автоматизації, підбір технічних засобів автоматизації, розробка програмного забезпечення, створення електричної принципової схеми, створення системи керування.
5. Перелік графічних матеріалів: 29 рисунків, 11 таблиць

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел	20.02.2024– 01.03.2024
2	Короткий опис системи керування та її складових.	02.03.2024– 20.03.2024
3	Опис контурів контролю та керування	21.03.2024– 02.04.2024
4	Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації.	03.04.2024– 01.05.2024
5	Розробка алгоритмів керування та програмного забезпечення.	02.05.2024– 27.05.2024
6	Оформлення дипломного проекту та технічної документації.	30.05.2024

7. Дата видачі завдання " 20 " лютого 2024 р.

Керівник проекту:

К. т. н., зав. каф КСУ

(підпис)

Петро Леонтєв

Здобувач:

студент гр. СУ-01

(підпис)

Анастасія Лук'яніхіна

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації позиціонування сонячних панелей

Розробник:
студент групи СУ-01

Анастасія ЛУК'ЯНІХІНА

Погоджено:
Зав. каф. КСУ, к. т. н.

Петро ЛЕОНТЬЄВ

1. Назва і галузь застосування: Автоматизація позиціонуванням сонячних панелей.
Сільськогосподарська галузь

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0312 VI від " 29 " березня 2024 р інші договори або замовлення.

3. Загальний опис об'єкта автоматизації:

Сонячна система призначена для перетворення сонячного світла на електричну енергію. Призначення: живлення будинків та підприємств. Основні частини: сонячна панель, акумулятор, інвертор.

4. Основні частини системи та структурна схема:

Система має декілька основних контурів керування: контур керування вертикальною віссю повороту панелі, контур керування горизонтальною віссю повороту панелі та контур розподілення електроенергії, що відповідає за налаштування оптимального використання електроенергії

5. Опис блоків системи керування :

Система має основний блок, який розташований на сонячній панелі. Він керує двигунами для повороту трекара.

6. Опис алгоритмів та режимів роботи системи:

Визначення часу, положення та кута сонячної панелі.

- Використовуючи вбудований годинник реального часу, система визначає поточний час і дату.
- Використовуючи дані про час і місцезнаходження, ПЛК обчислює поточне положення сонця Потім ПЛК передає керуючі сигнали драйверу мотора, щоб активувати мотор.
- Мотор змінює положення сонячної панелі на основі даних інклінометра для забезпечення оптимального кута нахилу. Протягом дня сонячний трекаер і інклінометр постійно відстежують рух сонця і коригують положення панелі.
- Інвертор перетворює постійну напругу від акумулятора на змінну напругу 220 В, яку можна використовувати для живлення сільського господарства.

7. Умови експлуатації системи керування:

а) встановлювати в місці, де отримується максимальна кількість сонячного світла протягом дня;

б) регулярне очищення від пилу, бруду та снігу.

8. Технічні вимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) монокристалічна панель із максимальною. потужністю 450 Вт
- б) номінальна потужність інвертора 200Вт
- в) ПЛК номінальною напругою 24В;
- г) гелевий акумулятор з ємністю 150А
- д) міцність конструкції: витримування ваги снігу

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.	22.02.2024– 01.03.2024
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	02.03.2024– 17.03.2024
3	Опис контурів контролю та керування	18.03.2024– 02.04.2024
4	Вибір засобів автоматизації	03.04.2024– 24.04.2024
5	Розробка та проектування схеми з'єднань	25.04.2024– 14.05.2024
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	15.05.2024– 28.05.2024

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація позиціонування сонячних панелей.

Автор: Лук'яніхіна Анастасія Іванівна; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Науковий керівник: Леонт'єв Петро Володимирович; кандидат технічних наук, завідувач кафедри КСУ.

Робота містить вступ, п'ять розділів та висновок в основному тексті, загальним обсягом 54 сторінки, 29 рисунків, 11 таблиць, 15 джерел.

В першому розділі розглядаються елементи з яких складається система, наведено короткий опис системи. В цьому розділі формуються критерії до системи, та проводиться аналіз факторів, які будуть впливати на систему керування. В другому розділі розглядаються наявні контури керування системи та їх склад. В третьому розділі виконується підбір засобів автоматизації згідно сформованим критеріям. В четвертому розробка алгоритму роботи. В п'ятому розділі описане економічне обґрунтування нашої системи

Розроблено алгоритм для автоматичної роботи системи. Створено структурну та принципову схеми.

Ключові слова: сонячна система, система керування, позиціонування, контур, двигун.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

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

на тему:

«Автоматизація позиціонуванням сонячних панелей»

Керівник проекту:

к. т. н.

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувач:

Студент групи СУ-01

Анастасія ЛУК'ЯНІХІНА

ЗМІСТ

Розділ 1 ПРИНЦИП РОБОТИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА ТА ЙОГО СКЛАД	12
Розділ 2 КОНТУРИ КЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ	23
2.1 Контур керування вертикальною віссю повороту панелі	23
2.2 Контур керування горизонтальною віссю повороту панелі	25
2.3 Контур розподілення електроенергії	26
Розділ 3 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	28
Вибір основних елементів сонячної електростанції	28
3.1 Вибір акумулятору	28
3.2 Вибір сонячної панелі.....	31
3.3 Вибір ПЛК.....	32
3.4 Вибір інвертора	34
3.5 Вибір інклінометра	35
3.6 Вибір трекера	36
3.7 Вибір GPS– Ublox LEA-6H	38
3.8 Вибір мотора	39
3.9 Вибір драйвера для керування серводвигуном.....	40
3.10 Вибір енкодера	41
3.11 Вибір годинника реального часу Siemens ET 200MP RTC.....	43
3.12 Вибір електронного компасу – Honeywell HMR3300	43
Розділ 4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ	45
4.1 Програмне забезпечення	45
4.2 Розробка електричної принципової схеми та схеми з'єднання	47
Розділ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

					СУ-01.6.151.01.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Анастасія Лук'яніхіна</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петро Леонт'єв</i>					49
<i>Реценз.</i>		<i>Зм.</i>			СумДУ, СУ-0		
<i>Н. Контр.№</i>		<i>Підпис</i>					
<i>АрквАркАрк</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>					

*Автоматизація
позиціонуванням сонячних
панелей. Пояснювальна
записка*

ВСТУП

Щороку попит на енергію нашої планети зростає, і з огляду на сучасні тенденції, швидкість виробництва та споживання електроенергії можуть значно збільшитися в найближчому майбутньому. Тому виникає дедалі більше питань про ефективне та безпечне виробництво електроенергії, яке не завдає шкоди навколишньому середовищу.

На сьогодні одним з найбільш перспективних способів генерації електроенергії є використання сонячних електростанцій. Їх виробництво зростає на 20% щороку, у той час як використання вугілля, нафти, газу та атомної енергії поступово зменшується.

З огляду на швидко зростаючий попит на сонячні електростанції виникає проблема їх оптимального використання. Найбільш ефективним використанням сонячних електростанцій є направлення їх панелей безпосередньо на Сонце. Однак, зазвичай сонячні панелі встановлюють на дахах або на стаціонарних конструкціях, що призводить до суттєвого зниження їх ефективності у виробництві електроенергії.

Отже, сучасна епоха вимагає все більшого впровадження автоматизованих сонячних трекерів. По-перше, це збільшує продуктивність, оскільки автоматичні трекери можуть автоматично слідкувати за сонцем протягом дня, що дозволяє сонячним панелям отримувати більше світла та генерувати більше енергії. Це особливо важливо в регіонах з непостійною сонячною активністю, де це може призвести до значного збільшення енергетичного виробництва. По-друге, це може призвести до економії коштів, оскільки автоматичні трекери можуть бути більш економічно вигідними, ніж стаціонарні сонячні панелі. Це через їх здатність генерувати більше енергії, що може призвести до зменшення рахунків за електроенергію та відбуватися окупність протягом коротшого часу. Також варто відзначити значну екологічну перевагу автоматичних трекерів: зменшення викидів парникових газів та більше використання чистої сонячної енергії, що сприяє створенню чистого та стійкого майбутнього.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		11

Розділ 1 ПРИНЦИП РОБОТИ СОНЯЧНОГО ТРЕКЕРА ТА ЙОГО СКЛАД

Потрібно створити сонячну електростанцію, яка забезпечуватиме енергозабезпечення сільського господарства яке знаходиться в селі, зарядку акумуляторів для резервного живлення та продаж надлишкової електроенергії в мережу за зеленим тарифом. Добове споживання енергії сільським господарством: взимку – 8 кВт, влітку – 5 кВт, необхідна енергія для зарядки акумуляторів: 4 кВт на день, енергія для продажу в мережу за зеленим тарифом: 9 кВт на день. За день станція повинна виробляти: взимку –17 кВт, влітку 20 кВт, а за місяць: взимку: приблизно 520 кВт, а влітку: приблизно 610 кВт.

Отже, для забезпечення повного покриття енергоспоживання сільського господарства, зарядки акумуляторів та продажу електроенергії за зеленим тарифом, наша сонячна станція повинна виробляти значні обсяги енергії. Взимку – 17 кВт на день, що складає приблизно 520 кВт за місяць, а влітку – 20 кВт на день, що дорівнює приблизно 610 кВт за місяць. Таким чином, наша сонячна станція зможе задовольнити всі енергетичні потреби та забезпечити додатковий дохід від продажу надлишкової електроенергії.

Для того, щоб задовільнити умови наведені вище, ми встановимо 2 сонячні панелі, а також:

- фотомодуль приблизно на 10 кВт

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		12



Рисунок 1.1 – LONGi Solar LR-720H-54M

- Сонячний трекер AS SUNFLOWER 80– цей трекер має дві осі для відстежування сонця протягом дня для максимального виробництва електроенергії. Він може підтримувати панелі загальною потужністю до 40 кВт.



Рисунок 1.2– AS SUNFLOWER 80

- Мотор Linak LA23 – цей черв'ячний мотор пропонує високий крутний момент і плавний рух. Він може підтримувати панелі загальною потужністю до 25 кВт.
- Інвертор Growatt M1C 2000TL-X - перетворює постійну напругу з корисного навантаження трекера (фотоелектричні модулі і т. д.) на змінний струм 220 В (110 В) і передає його споживачеві або на приймальну станцію, одночасно запитуючи трекер

Сонячний трекер – це пристрій, який призначений для відстежування руху Сонця по небосхилу протягом дня та позиціонування сонячних панелей під оптимальним кутом. Один із ключових вимог до сонячного трекера - його стійкість до погодних умов. Система повинна бути здатною працювати в будь-яких погодних умовах, оскільки сильні вітри, вологість, корозія, зовнішній кліматичний вплив і навантаження можуть призвести до часткового або повного виходу з ладу трекера.

Сонячний трекер будемо повертати в залежності від дати, пори року та часу доби на різний кут, тому що сонце підіймається в різну пору року по різному.

Спершу розглянемо зиму. Візьмемо зимове сонцестояння – 21.12.2024, сонце підіймається о 07:41 та заходить о 15:37, в зеніті знаходиться о 11:40. На рис.1.3 бачимо графік залежності на якому видно що нам потрібно повернути сонячний трекер на 95° для максимального заряду енергії

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		14

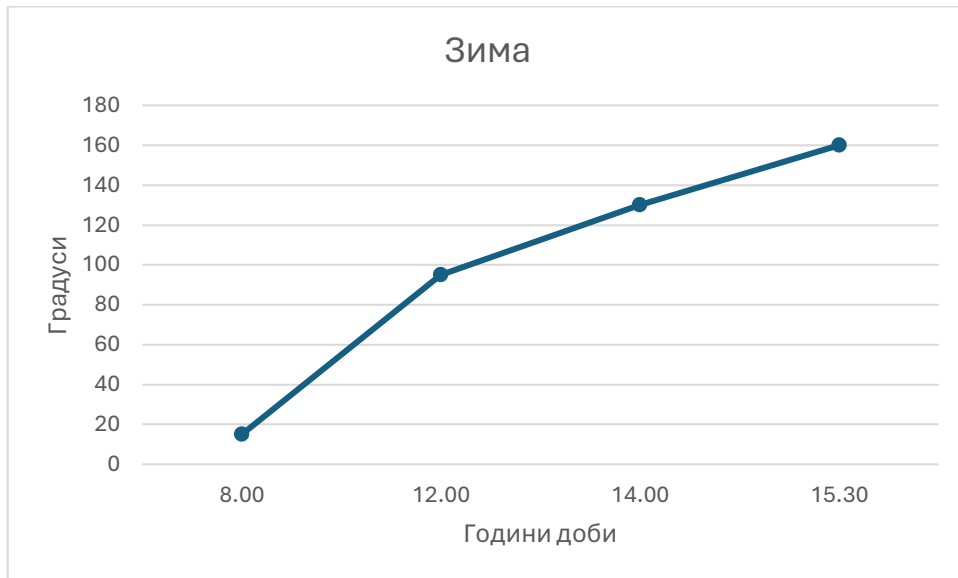


Рисунок 1.3– Графік залежності годин доби від градусів

Розглянемо весну. Візьмемо весняне рівнодення – 20.03.2024, сонце підіймається о 05:41 та заходить о 17:54, в зеніті знаходиться о 11:48. На рис.1.4 бачимо графік залежності на якому видно що нам потрібно повернути сонячний трекер на 100° для максимального заряду енергії

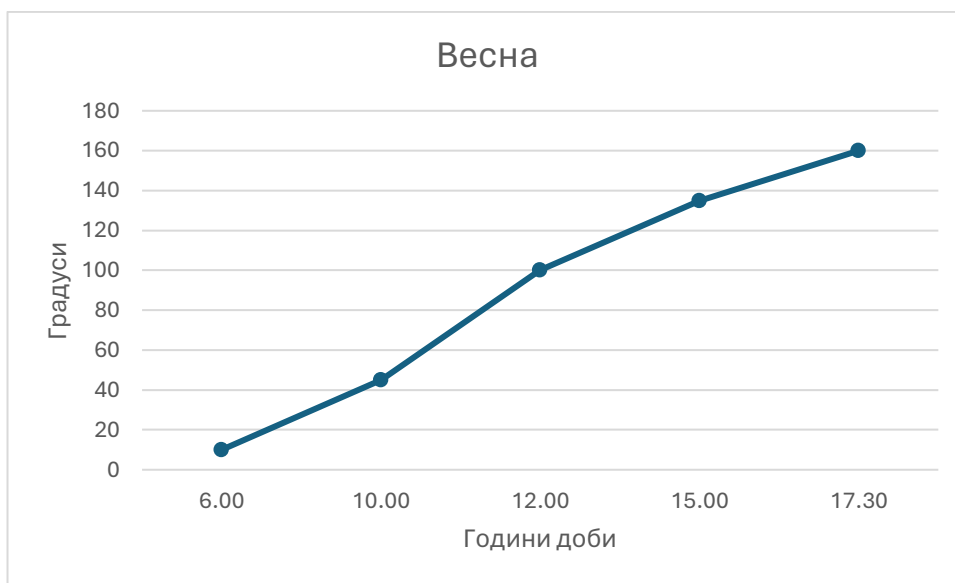


Рисунок 1.4– Графік залежності годин доби від градусів

Літо. Візьмемо літнє сонцестояння – 20.06.2024, сонце підіймається о 04:26 та заходить о 20:58, в зеніті знаходиться о 12:42. На рис.1.5 бачимо графік залежності на якому видно що нам потрібно повернути сонячний трекер на 100° для максимального заряду енергії.

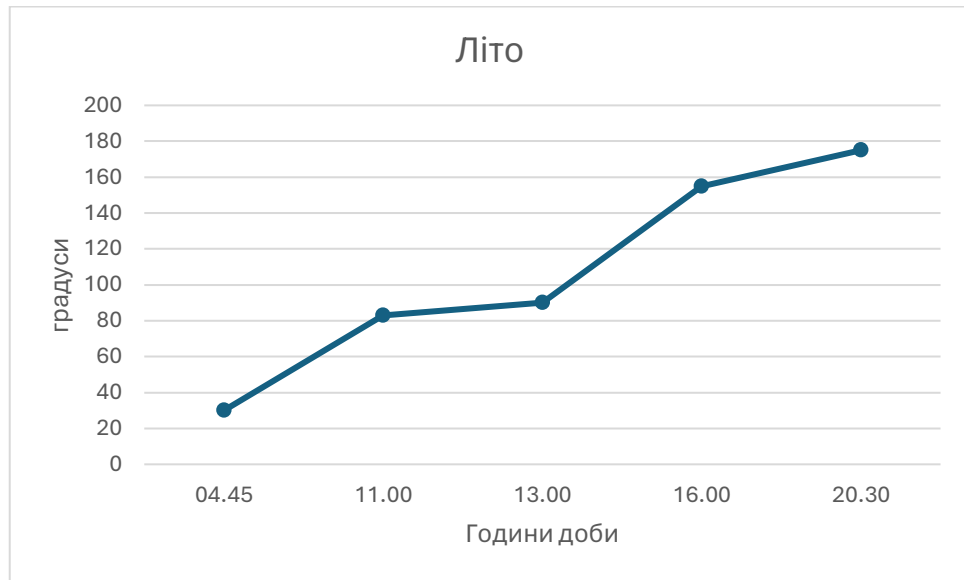


Рисунок 1.5– Графік залежності годин доби від градусів

Розглянемо осінь. Візьмемо осіннє рівнодення – 22.09.2024, сонце підіймається о 06:28 та заходить о 18:38, в zenіті знаходиться о 12:33. На рис.1.6 бачимо графік залежності на якому видно що нам потрібно повернути сонячний трекер на 105° для максимального заряду енергії.

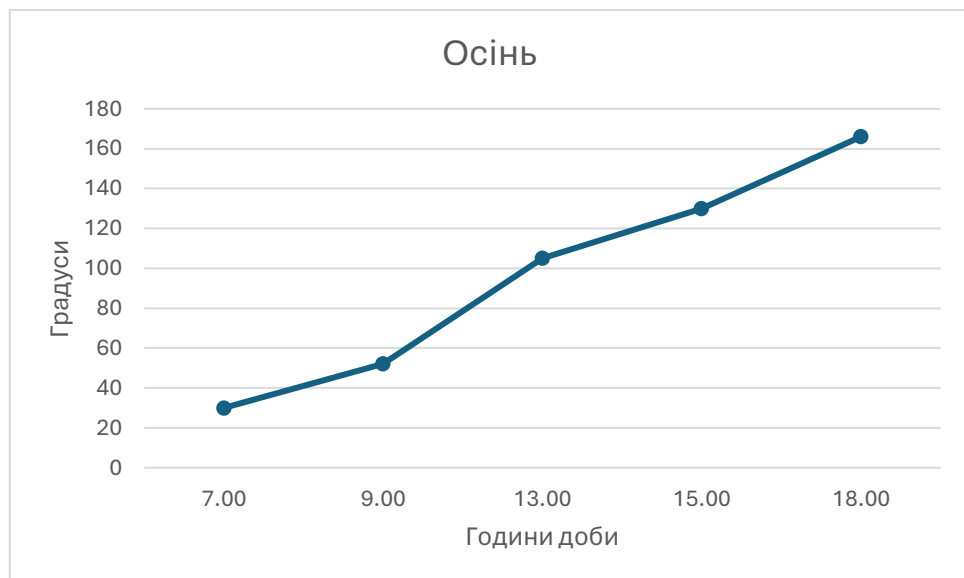


Рисунок 1.6– Графік залежності годин доби від градусів

Отже, взимку найбільш ефективно використовувати нахил трекера під кутом – 95° , на весні найбільш ефективним буде кут– 100° , влітку – 100° та восени– 105° , тому для того щоб нам забезпечити цей поворот ми будемо використовувати трекер.

6) Система навігації - визначення географічного розташування системи, висоти (для трекерів на мобільній базі). На стаціонарних трекерах навігація не є обов'язковою. Параметри широти, довготи та висоти місця розташування трекера встановлюються під час налаштування системи.

7) Інвертор - це пристрій, який перетворює постійну напругу, що надходить від корисного навантаження трекера, наприклад, фотоелектричних модулів, на змінний струм напругою 220 В (або 110 В), і передає його споживачеві або на приймальну станцію, одночасно взаємодіючи з трекером. Кількість інверторів на трекері може бути від одного до трьох. Інвертори виготовляються у захищеному виконанні (полі) або корпусі, що встановлюється в закритому приміщенні. Схеми підключення інверторів у системі можуть бути різними.

Необхідність у комплектації трекера який завжди економічно доцільна, це від типу трекера, призначення та інших чинників, тому елементи згаданого трекера часто використовуються практично.

Конструкція трекера повинна забезпечувати здатність витримувати сильні вітрові навантаження під час роботи у складі енергосистеми. З розмірами робочої поверхні корисного навантаження вітрове навантаження комплексу збільшується. Вага корисного навантаження теж має значення. Тому дизайнерам часто доводиться перерозподіляти навантаження на трекер у своїх рішеннях, збільшуючи розмір системи. У цьому випадку надійність є визначальним фактором

Існує два основних типи сонячних трекерів: одновісні та двовісні трекери

Одновісні трекери мають простішу конструкцію, порівняно з двовісними. Їх простота дозволяє знизити вартість, тому вони стали найпоширенішими. Найпопулярніші одновісні трекери можуть мати горизонтальну або вертикальну ось обертання, кожна з яких підходить для певних умов і областей застосування.

Максимальну продуктивність сонячних панелей можна досягти за допомогою двовісних сонячних трекерів, які можуть рухатися по двох осях обертання, незалежно одна від одної, для точного направлення на Сонце. Зазвичай використовуються горизонтальна та вертикальна осі. (Рисунок 1.8)

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		18

положення. Ця програма для розрахунку положення сонця відома як SPA (алгоритм сонячної позиції).

Управління трекерами може бути реалізоване за допомогою захищених комп'ютерів, програмованих логічних контролерів (PLC) або вбудованих систем, які програмує виробник трекера, з урахуванням місцевих умов. Кілька трекерів може бути об'єднано під керуванням одного комп'ютера, що допомагає знизити витрати на електростанцію.

Також, один із методів управління сонячними трекерами - використання системи на основі таймерів. Для цього потрібно передбачити передачу даних про положення Сонця на кожен день, які потім вводяться в мікроконтролер. Цей мікроконтролер відповідає за виправлення позиції сонячної панелі відповідно до введених даних. Така система має обмежену точність і сумнівну ефективність, оскільки потрібно ручно розраховувати дані про положення сонця для кожного дня і постійно оновлювати їх в мікроконтролері.

Було розроблено структурну схему (Рисунок 1.10) яка відображає систему в загальному вигляді.

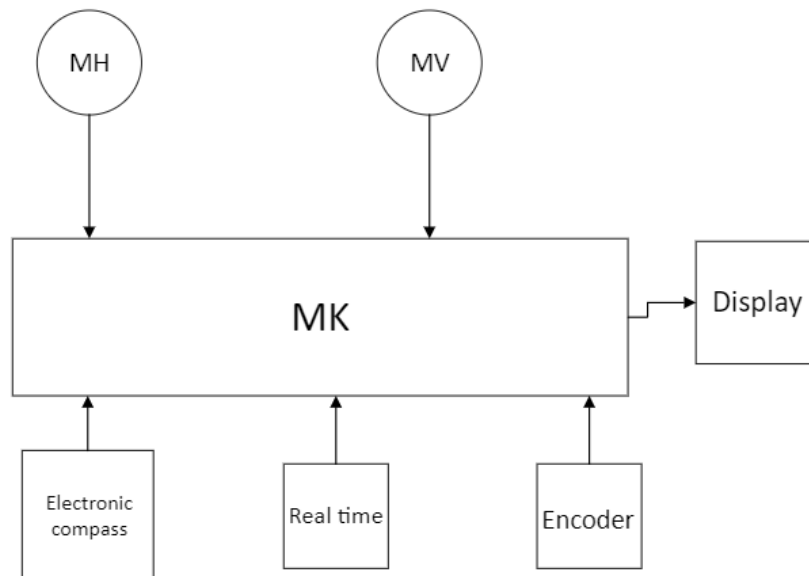


Рисунок 1.10– Структурна схема

Виходячи з Рисунок 1.10 архітектура системи сонячного трекера включає в себе такі складові:

- ПЛК є основою системи, за допомогою якого буде здійснюватися управління усіма компонентами в автономному режимі;
- Вертикальна вісь для визначення в залежності від пори року
- Горизонтальна вісь для визначення в залежності від доби
- Електронний компас для визначення магнітного поля Землі
- Годинник реального часу для отримання даних про поточну дату та час
- Енкодер для відслідковування положення нашої системи.
- Дисплей для виводу інформації про поточне положення Сонця та інші дані

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		22

Розділ 2 КОНТУРИ КЕРУВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

2.1 Контур керування вертикальною віссю повороту панелі

Наша система буде мати вертикальну вісь, тобто кут повороту нашої системи. Її основна функція полягає в точному та стабільному керуванні руху сонячної панелі в вертикальному напрямку. До складу контуру керування входить мікроконтролер, драйвер для керування мотором, мотор, енкодер для отримання даних про положення сонячної системи, GPS для визначення точного місцеперебування сонячної панелі та годинник реального часу який підключений до мікроконтролера через I2C.

Мікроконтролер ініціалізує всі підключені компоненти. Зчитує початкові значення з енкодера та GPS. Потім відбувається отримання поточних координат з GPS, зчитування поточного положення сонячної панелі з енкодера. На основі даних GPS і RTC, мікроконтролер розраховує оптимальний кут нахилу панелі для максимального поглинання сонячної енергії. Мікроконтролер порівнює поточне положення панелі з розрахованим оптимальним кутом. Якщо поточне положення відрізняється від потрібного, мікроконтролер надсилає команди драйверу для корекції положення мотора. Енкодер надає зворотній зв'язок про положення, що дозволяє забезпечити точне позиціонування. Система постійно оновлює дані з GPS і RTC для забезпечення актуальності розрахунків та періодично перевіряє і коригує положення сонячної панелі.

На Рисунок 2.1 зображена принципова схема контуру повороту вертикальної осі.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		23

2.2 Контур керування горизонтальною віссю повороту панелі

Дана система буде мати горизонтальну вісь, тобто кут нахилу нашої системи. Основна функція полягає в точному нахилу сонячної панелі в горизонтальному напрямку. До складу контуру керування входить мікроконтролер, драйвер для керування мотором, мотор, енкодер для отримання даних про положення сонячної системи, GPS для визначення точного місцезнаходження сонячної панелі та годинник реального часу який підключений до мікроконтролера через I2C.

На Рисунок 2.3 зображена принципова схема контуру повороту горизонтальної осі.

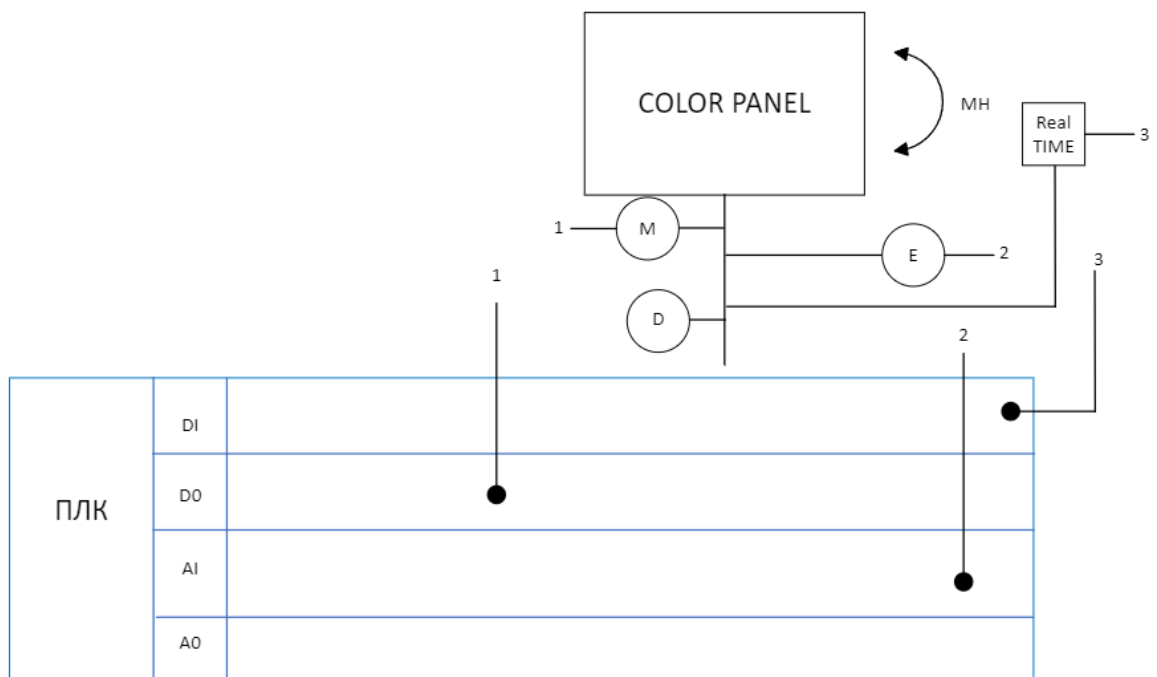


Рисунок 2.3–Принципова схема контуру повороту горизонтальної осі

2.3 Контур розподілення електроенергії

Даний контур – розподілення електроенергії використовує інвертор для генерації електроенергії з сонячних панелей та керує розподілом цієї енергії між акумулятором, мережею та споживачами. На Рисунок 2.4 зображена схема контуру розподілення електроенергії. Контур функціонує наступним чином:

Генерація електроенергії: Сонячні панелі генерують постійний струм, який потім перетворюється інвертором в змінний струм, придатний для використання в сільському господарстві.

Розподіл електроенергії: Інвертор вирішує, як розподілити згенеровану електроенергію. Якщо господарство не використовують увесь вироблений струм, воно може направити зайву енергію в акумулятор для подальшого використання або відправити її в мережу.

Зарядка акумулятора: Якщо згенерована енергія перевищує поточні потреби господарства, інвертор може використовувати цей зайвий струм для заряджання акумуляторів, які потім можна використовувати в періоди зниженого виробництва сонячної енергії, наприклад, вночі або в хмарну погоду.

Віддача в мережу: Якщо акумулятори вже заряджені, а споживання енергії низьке, зайву енергію можна відправити в мережу. Це може призвести до зменшення витрат на електроенергію.

Цей контур допомагає оптимізувати використання сонячної енергії, забезпечує резервне живлення в разі відключення мережі та дозволяє ефективно використовувати вироблену енергію для максимальної економії та екологічності.

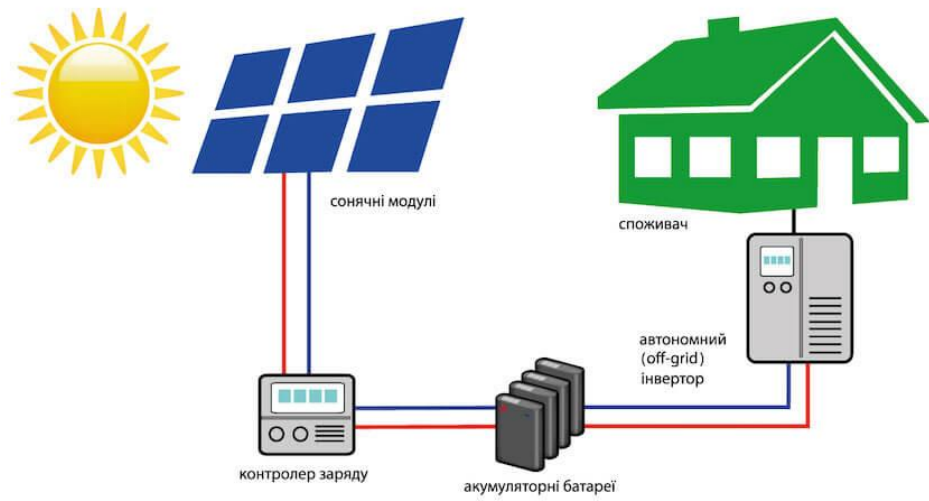


Рисунок 2.4—Схема контуру розподілення електроенергії

Розділ 3 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Важливо правильно підібрати засоби автоматизації при проектуванні системи керування сонячною панеллю, щоб вони відповідали вимогам та критеріям ефективності. Тільки таким чином можна досягти необхідного функціоналу системи.

Вибір основних елементів сонячної електростанції

Проведення розрахунків та вибір компонентів для сонячної електростанції з метою забезпечення її можливості надавати енергію протягом доби у кількості 5 кВт, використовуючи функціональну схему автоматизації.

Нам потрібна енергетична система яка повинна мати можливість постачати нам 7кВт електроенергії протягом доби. Важливо, щоб ця енергія була збережена та накопичена. Для зберігання використовується акумулятор.

3.1 Вибір акумулятору

Важливо зазначити, що акумулятор, що використовується у нашій системі, повинен мати додатковий резерв енергії. Цей резерв повинен складати не менше 30% від загальної потреби у споживанні електроенергії на добу, що у нашому випадку становить 1,5 кВт. Таким чином, загальна потужність акумулятора повинна бути 6,5 кВт.

Зробимо розрахунок для акумуляторів напругою 12 В, оскільки їх легше знайти. Таким чином, акумулятор повинен зберігати 6,5 кВт електроенергії на добу. Тому його ємність має складати $6,5 \text{ кВт} / 12 \text{ В}$ (напруга акумулятора) = 541,6 А*год. Округливши отримаємо 600 А*год.

Для отримання такої ємності, можна взяти 4 гелевих акумуляторів Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V (Рисунок 3.1)

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		28



Рисунок 3.1– Гелевий акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V

Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V - це гелева акумуляторна батарея з високим ступенем надійності та безпеки. Гелевий акумулятор переважає над мультигелевим тим, що має довший термін експлуатації і є більш стійким до зношування завдяки використанню зміненої технології виробництва. Батареї ТМ Lodgic Power вважаються одними з кращих на ринку України оскільки вони витримують приблизно 1200 циклів заряду розряду що приблизно становить 15 років роботи в режимі підзарядки. Характеристика вибраного акумулятора приведена в Таблиця 3.1

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		29

Таблиця 3.1 – Характеристики Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V

Технологія	GEL
Ємність	150 А
Робоча напруга	12 V
Зарядна напруга при циклічному режимі роботи	14.4-14.9 В
Резервний режим	13.5-13.8 В
Робоча температура	-15° ~ 30°
Вага	28 кг
Кількість циклів заряду/розряду	1200
Строк служби	до 15 років
Габарити	400x190x210 мм
Гарантія	24 міс.

Слід відзначити, що ця акумуляторна батарея є повністю герметичною та безшумною, стійкою до вібрацій. Її можна використовувати як вдома, так і в інших приміщеннях, оскільки вона не видає шкідливих газів, і її положення не впливає на її роботу. Для зручності транспортування передбачено дві ручки. Батарея Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V має відмінні характеристики, і навіть при розряді великим струмом швидко відновлює свою ємність. В основному вона використовується у джерелах безперебійного живлення, системах безпеки, медицині, системах зв'язку та в альтернативній енергетиці, таких як сонячні панелі та вітрогенератори.

3.2 Вибір сонячної панелі

Тепер потрібно розрахувати потужність самої сонячної батареї. Сонячна батарея повинна забезпечити достатній струм для заряду акумулятора, і цей струм має бути великим. У моєму випадку, сонячна батарея повинна забезпечувати струм не менше 60 А.

Треба помножити 60 А на 12 В – напруга, що видається сонячною батареєю під навантаженням, і отримуємо 720 Ватт. – потужність сонячної батареї, якої нам мінімально вистачить. Отримуємо пристрій, що складається із 144 фотоелементів. Я обрала сонячну батарею LONGI Solar LR-720H-54M, в нашому випадку ми ставимо 2 шт. (Рисунок 3.2Рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – LONGi Solar LR-720H-54M

Сонячні батареї – LONGi Solar відзначаються високою продуктивністю, міцністю та надійністю. Ці модулі переважно використовуються для будівництва самостійних систем живлення на дачах, будинках та невеликих готелях. Крім того, їх використовують для створення більш потужних автономних систем живлення для готелів, ресторанів, автозаправних станцій та промислових об'єктів. Технічні характеристики представлені у Таблиця 3.2.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		31

Таблиця 3.2– Технічні характеристики сонячної батареї

Тип	монокристалічні панелі
Виробник	Solar
Максимальна потужність	450
Максимальна напруга в ланцюзі	1500 V
Струм короткого замикання	11.6 A
Вага	24.4 кг
Довжина	2094 мм
Ширина	1038 мм
Висота	35 мм
Робоча температура	-40 ~ +85

3.3 Вибір ПЛК

Програмований логічний контролер для сонячних батарей спрямований на удосконалення процесів заряду та розряду акумуляторів з метою подовження їх експлуатаційного терміну. Це дозволяє максимально використовувати сонячну батарею, навіть у ситуаціях з низькою освітленістю. Контролер для сонячних батарей сприяє скороченню витрат та досягненню вищої продуктивності всієї системи. Для нашої системи підходить Siemens S7-1500 CPU 1511-1 PN. (Рисунок 3.3).

Цей ПЛК підходить до сонячної панелі, тому що він має високу продуктивність, що робить його ідеальним для складних задач автоматизації, таких як управління сонячною панеллю 20 кВт, гнучкість, тобто S7-1500 можна розширювати за допомогою модулів, що дозволяє йому відповідати потребам конкретного застосування сонячної панелі, модульність: S7-1500 складається з модулів, які можна легко замінювати та обслуговувати, що робить його зручним для обслуговування сонячної панелі, надійність: S7-1500 відомий своєю

	Арк.									
										32

СУ-01.6.151.01.ПЗ

надійністю та довговічністю, що робить його надійним вибором для сонячної панелі.



Рисунок 3.3– ПЛК

Технічні характеристики представлені в Таблиця 3.3

Таблиця 3.3– Технічні характеристики ПЛК

Номінальна напруга (автоматично)	24 В
Номінальний струм	20 А
Максимальна вхідна напруга	≤ 30 В
Допустима вологість	< 95%
Робоча температура	-25°C до +55°C.
Температура збереження	-40°C до +70°C.
Монтажні розміри	35x147x129мм
Вага	700 г

ПЛК серії Siemens має такі переваги:

- ✓ Надійність: Цей контролер має високу надійність, що важливо для безперебійної роботи системи сонячної енергії.
- ✓ Ефективність: Завдяки оптимізації режимів заряду та розряду акумуляторів, ПЛК дозволяє максимально використовувати енергію, зібрану сонячною панеллю.

- ✓ Компактність: Компактний дизайн ПЛК дозволяє ефективно використовувати обмежений простір у сонячних енергосистемах.
- ✓ Гнучкість: дозволяє налаштовувати параметри системи з урахуванням конкретних потреб користувача

3.4 Вибір інвертора

Інвертор - пристрій, який перетворює постійний струм напругою 12 В, що генерується сонячними батареями і зберігається в акумуляторі, в змінний струм напругою 220 В, який використовується для живлення всіх побутових приладів.

У моєму випадку достатньо буде інвертора потужністю 2000 Вт (Рисунок 3.4).



Рисунок 3.4– Growatt MIC 2000TL-X

Особливості Growatt MIC 2000TL-X:

- Висока ефективність
- Висока надійність
- Широкі можливості моніторингу

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		34

– Компактний дизайн

Таблиця 3.4– Технічні характеристики інвертора

Напруга живлення від акумуляторів	24 В
Вага	7,2 кг
ККД	97,4 %
Розміри (Д х Ш х В)	254 x 138 x 274 мм
Номінальна потужність	2000 Вт
Максимальна потужність панелей	2800 Вт
Номінальна вихідна напруга	230 В
Короткочасна максимальна потужність	2200 Вт

3.5 Вибір інклінометра

Інклінометр - це пристрій призначений для оптимізації кута нахилу сонячних панелей, що забезпечує максимально ефективно використання сонячної енергії. Він дозволяє автоматично регулювати нахил панелей залежно від положення сонця. Для нашої сонячної системи ми обрали -JN2201 (Рисунок 3.5)



Рисунок 3.5– Інклінометр JN2201

Технічні характеристики представлені в табл. 3.5

Таблиця 3.5– Технічні характеристики інклінометра.

Робоча напруга, В	9,2-30
Кутовий діапазон	± 45
Споживаний струм, мА	100
Захист	IP 65; IP 67; IP 68
Точність	≤ ± 0,01;

3.6 Вибір трекера

Сонячний трекер Sunflower 80 - це передова система, яка автоматично стежить за сонцем і призначена для кріплення восьмидесяти фотоелектричних модулів. Цей пристрій розроблено для побудови наземних сонячних

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		36

електростанцій з номінальною потужністю 24 кВт. Він відноситься до динамічного двохосьового типу кріпильних конструкцій, що означає, що він автоматично змінює положення сонячних панелей у двох площинах, спрямовуючись на сонячне випромінювання. Це призводить до того, що продуктивність трекера перевищує продуктивність стаціонарних установок на 30-40% (Рисунок 3.6) Технічні характеристики представлені в таблиці 3.7



Рисунок 3.6– Сонячний трекер Sunflower 80

Технічні характеристики представлені в Таблиця 3.5.

Таблиця 3.5– Технічні характеристики сонячного трекера

Виробник	Solar
Номінальна потужність, кВт	24
Робоча напруга	100-260 В, 50-60 Гц
Габарити системи	10.000x13,208
Маса системи, кг	2100
Орієнтовне власне споживання	52

СУ-01.6.151.01.ПЗ

Таблиця 3.7– Технічні характеристики мотора

Тип	Електричний
Крутний момент	23 Нм
Напруга	24 В, 12 В
Сила	2500
Швидкість	До 30 об/хв

3.9 Вибір драйвера для керування серводвигуном

Драйвер серводвигуна - це пристрій, який отримує сигнали управління від контролера сонячного трекера та перетворює їх на потрібні струми та напруги для живлення та керування двигуном.

Для управління обраним двигуном необхідно підібрати відповідний драйвер, який відповідає вимогам серводвигуна, а саме напруга– 24В,12В.

Основні етапи роботи драйвера:

1. Прийняття сигналу керування:

- Драйвер отримує сигнали керування з контролера сонячного трекера.
- Сигнали керування вказують драйверу, з якою швидкістю та в якому напрямку повинен обертатися двигун.

2. Обробка сигналу:

- Драйвер обробляє сигнали керування, щоб визначити необхідні струми та напруги для керування двигуном.

3. Управління потужністю:

- Драйвер використовує транзистори для керування подачею потужності на двигун.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		40

Енкодер вимірює кутове положення сонячних панелей у відношенні до їх базового положення. Це дозволяє системі точно знати, наскільки панелі відхиляються від оптимального положення для слідкування за сонцем.

Для керування двоосьовим сонячним трекером Sunflower 80 з панелями загальною потужністю до 25 кВт нам знадобляться два енкодери—Autonics EN7,(Рисунок 3.9) які можуть забезпечити точне вимірювання кута обертання обох осей трекера. Цей абсолютний енкодер який має роздільну здатність 12 бітів (4096 імпульсів на оборот) та інтерфейс RS-422. Він захищений від IP65. Технічні характеристики представлені в Таблиця 3.9.



Рисунок 3.9–Енкодер Autonics EN7

Таблиця 3.9– Технічні характеристики енкодера Autonics EN7

Тип	Абсолютний енкодер
Роздільна здатність	<ul style="list-style-type: none"> ○ 12 бітів (4096 імпульсів на оборот) ○ 14 бітів (16 384 імпульсів на оборот) ○ 16 бітів (65 536 імпульсів на оборот) ○ 18 бітів (262 144 імпульсів на оборот) ○ 20 бітів (1 048 576 імпульсів на

СУ-01.6.151.01.ПЗ



Рисунок 3.11– Модуль цифрового компаса HMR3000

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		44

Розділ 4 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

4.1 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення, яке використовується для управління сонячною системою, представлено схематично у формі алгоритмів (Рисунок 4.1–Рисунок 4.2).

Для того щоб, забезпечувати максимально ефективне енергоперетворення треба визначити час, положення та кут сонячної панелі. Використовуючи вбудований годинник реального часу, система визначає поточний час і дату. GPS-модуль визначає географічне положення системи (широта, довгота, висота). Використовуючи дані про час і місцезнаходження, ПЛК обчислює поточне положення сонця на небосхилі за допомогою алгоритму сонячної позиції. Потім ПЛК передає керуючі сигнали драйверу мотора, щоб активувати мотор. Мотор змінює положення сонячної панелі на основі даних інклінометра для забезпечення оптимального кута нахилу, орієнтуючи панель перпендикулярно до сонячних променів. Протягом дня сонячний трекер і інклінометр постійно відстежують рух сонця і коригують положення панелі. ПЛК аналізує дані для оцінки ефективності роботи панелі і проводить додаткові налаштування, якщо це необхідно. Зібрана енергія зберігається в акумуляторі. Інвертор перетворює постійну напругу від акумулятора на змінну напругу 220 В, яку можна використовувати для живлення сільського господарства. ПЛК використовує дані GPS для врахування сезонних змін, погодних умов та можливого затінення для оптимізації продуктивності системи. В разі несприятливих умов (сильний вітер, дощ), система автоматично змінює положення панелі у безпечне положення для запобігання пошкодженням.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		45

Розділ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Впровадження цієї технології буде в перспективі від 5 до 10 років, вона є вигіднішою ніж користування електроенергії з мережі.

Для ефективного функціонування сонячної станції, що забезпечує потреби сільського господарства та генерує додатковий дохід від продажу електроенергії за "зеленим" тарифом, важливо провести детальне економічне обґрунтування. Встановлення сонячної панелі потребує оцінки різних факторів, включаючи вартість панелі, її потенційну енергію вироблену протягом її життєвого циклу, економії витрат на електроенергію, а також екологічні переваги.

Вся установка сонячної системи коштує:

1. Вартість сонячної панелі: початкова інвестиція в панель включає в себе вартість самої панелі: 2 шт. Сонячна батарея – LONGi Solar LR-720H-54M – $5400 \cdot 2 = 10800$ грн, її установку та будь-яке обладнання, необхідне для підключення до
2. 4шт. Акумулятор Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V = 7000 грн
3. ПЛК Siemens S7-1500 CPU 1511-1 PN – 3500 грн
4. Інвертор Growatt MIC 2000TL-X – 15000 грн
5. Інклінометр JN2201 – 300 грн
6. Сонячний трекер Sunflower 80 – 125000 грн
7. GPS – Ublox LEA-6H – 3000 грн
8. Мотор Linak LA23 – 15000 грн
9. Драйвер – 2000 грн
10. 2 шт. Енкодер – Autonics EN7 = 2000 грн

Загальна вартість = 158607 грн = 3913\$

Потенційна енергія: 7300кВт·год/рік

Сонячна енергія є одним з найчистіших та найбільш екологічно безпечних джерел енергії. Використання сонячних панелей для генерації електроенергії має значні екологічні переваги, які сприяють збереженню навколишнього середовища

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		48

та покращенню якості життя: зниження викидів парникових газів, зменшення забруднення повітря, збереження водних ресурсів та мінімальний вплив на екосистеми.

Розрахування окупності інвестицій:

Потужність сонячної станції: влітку – 20 кВт на день, взимку – 17 кВт;

Добове споживання енергії сільського господарства: влітку – 5 кВт, взимку – 8 кВт

Споживання акумулятора: 3кВт

Зелений тариф: 6,5 грн за 1 кВт.

Продаж електроенергії в мережу: влітку – 12 кВт на день, взимку – 6 кВт

Щоденний дохід: взимку – $6,5 \cdot 6 = 39$ грн, влітку – 78 грн

Місячний дохід: взимку – $39 \text{ грн} \cdot 30 \text{ днів} = 1170 \text{ грн}$, влітку – $78 \text{ грн} \cdot 30 \text{ днів} = 2340 \text{ грн}$

Річний дохід: $5850 + 16380 = 22230$ грн

2 роки: $22230 + 22230 = 44460$

4 роки: $44460 + 44460 = 88920$

7 років і 2 місяці: 159120

Висновки:

- **Період окупності:** Загальна вартість системи у 158607 грн буде окуплена приблизно за 7 років і 2 місяці. За 7 років і 6 місяці очікуваний дохід становитиме 166140 грн, що перевищує початкові інвестиції та забезпечує додатковий прибуток.
- **Довгостроковий прибуток:** Після періоду окупності, сонячна станція почне генерувати чистий прибуток, забезпечуючи значну економію на електроенергії та додатковий дохід від продажу електроенергії в мережу.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		49

- **Економічна доцільність:** Враховуючи тривалість експлуатації сонячних панелей (до 25-30 років), інвестиції в сонячну станцію є економічно доцільними, оскільки вони забезпечують стабільний дохід та значну економію на електроенергії у довгостроковій перспективі, особливо з урахуванням зростання цін на електроенергію та збільшення урядової підтримки для використання відновлювальних джерел енергії.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		50

ВИСНОВКИ

У цій бакалаврській роботі була розроблена автоматизована система керування сонячною системою. Проведено аналіз існуючих систем і технічних вимог, а також обрано необхідні компоненти, такі як ПЛК, мотор та інші. Розроблено алгоритм автоматичної роботи сонячної системи і створено структурну та принципову схеми.

Для реалізації системи було використано ПЛК Siemens S7-1500, який забезпечує ефективне управління двигунами та іншими компонентами системи.

Під час тестування системи було встановлено, що вона працює стабільно та ефективно. Система здатна автоматично відстежувати сонячні промені та орієнтуватися на найбільш освітлену сторону для максимальної генерації енергії.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Анастасія Лук'яніхіна</i>				<i>Автоматизація позиціонуванням сонячних панелей. Пояснювальна записка</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Петро Леонт'єв</i>							49
<i>Реценз.</i>	<i>Зм.</i>					СумДУ, СУ-0		
<i>Н. Контр.№</i>	<i>Підпис</i>							
<i>АрквАркАрк</i>	<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. JN2201. *ifm - automation made in Germany.* URL: <https://www.ifm.com/ua/uk/product/JN2201> (дата звернення: 28.05.2024).
2. Мережевий інвертор Growatt M1C 2000TL-X: продаж, ціна у Києві. Інвертори від "X-solar" - 2180825142. "X-solar" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://x-solar.com.ua/ua/p2180825142-setevoj-invertor-growatt.html> (дата звернення: 28.05.2024).
3. SIMATICS7.*siemens.* URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemy-avtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolery-simatic/simatic-s7-1200.html> (date of access: 28.05.2024).
4. Акумулятор гелевий Jarrett GEL Battery 150 Ah 12V, офіційний, для solar панелей 6FM150 купити в Україні .*ІНТЕРНЕТ- МАГАЗИН GREY.* URL: https://grey.com.ua/p1484720014-akkumulyator-gelevyj-jarrett.html?gclid=CjwKCAjw9IayBhBJEiwAVuc3frtzFFXJisHxn1FsSz20NLxDf2deyKL3_ougPIzIE XU_VTYjEuLltxoCXUkQAvD_BwE (дата звернення: 28.05.2024).(акум)
5. Сонячна панель LP Longi Solar Half-Cell 450W (35 профіль. монокристал). *GG-Group.* URL: https://gg-group.com.ua/sonyachna-panel-lp-longi-solar-half-cell-450w-35-profil-monokristal?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw9IayBhBJEiwAVuc3fqFKhOYit4ynrlv3GEDT7MQWrCGh0YuHOLQzUJKVxv5_UY_ZF7K4lxC-ZEQAvD_BwE (дата звернення: 28.05.2024).
6. Двохосьова система слідкування за сонцем. *Arduino в Україні.* URL: <https://arduino.ua/art213-dvohosova-sistema-slidkyvannya-za-soncem> (дата звернення: 28.05.2024).

					СУ-01.6.151.01.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизація позиціонуванням сонячних панелей. Пояснювальна записка					
Розроб.		Анастасія Лук'яніхіна						Лім.	Арк.	Листів
Перевір.		Петро Леонтьєв								49
Реценз.		Зм.						СумДУ, СУ-0		
Н. Контр.№		Підпис								
АрквАркАрк		Петро ЛЕОНТЬЄВ								

14. Малигіна М. О. Розробка локальної сонячної станції для котеджного містечка «Дубровка» Донецької області робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ наук. Кер. Лобін Б.Т. Київ 2022.
15. Стаття на тему "сонячні панелі для обігріву". *Електротехнічна продукція: системи електропостачання і альтернативна енергетика.*
URL: <https://prel.prom.ua/a354993-sonyachni-paneli-dlya.html> (дата звернення: 01.06.2024).

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	
	Арк.			Дата		54