

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та  
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизований трекер сонячної панелі

Назва теми

КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент IV курсу, група АКІТ-21-1



Підпис

Максим РЕДЧЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Ірина ФОРКУН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 19 » червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**РЕДЧЕНКО Максим Миколайович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизований трекер сонячної панелі

Керівник роботи канд.техн.наук., доцент Ірина ФОРКУН

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу


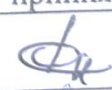
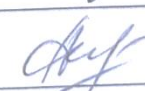

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд методів розв'язання поставленої задачі. Розробка схемотехнічних рішень. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.03.2025	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2025	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2025	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2025	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2025	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2025	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2025	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2025	Виконано

Студент

  
Підпис

Максим РЕДЧЕНКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

  
Підпис

Ірина ФОРКУН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизований трекер сонячної панелі».

Автор роботи: Максим РЕДЧЕНКО

Керівник роботи: Ірина ФОРКУН

Пояснювальна записка: 60 с., 31 рис., 2 табл., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, СОНЯЧНА БАТАРЕЯ, ТРЕКЕР,  
МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ПРИСТРІЙ, БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.

Метою роботи є розробка автоматизованого трекера сонячної панелі.

Розглянути різні варіанти визначення місцезнаходження об'єктів за допомогою GPS. Розглянуто методи визначення положення об'єктів за допомогою різних датчиків. Розглянути систему розпізнавання місцезнаходження об'єкта за допомогою технічного зору. Зроблено висновки щодо доцільності використання тегів для ідентифікації розташування об'єктів у просторі. Розроблено апаратно-програмний комплекс для невеликого полігону;

Створено математичну модель контролю перекидання транспортної платформи, яка відображає залежність між швидкостями перекидання ліворуч і праворуч і нахилом джойстика дистанційного керування. На основі математичної моделі складено блок-схему та алгоритм програми керування платформою центрального контролера. Розроблено структуру дистанційного керування для керування швидкістю та напрямком руху автомобіля.





Підпис студента

19.06.2025р.

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1 СТАН ПИТАННЯ .....	5
1.1 Потенціал сонячної енергетики.....	5
1.2 Огляд існуючих рішень .....	13
1.3 Висновки до першого розділу .....	19
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Розробка електричної принциповою схеми.....	21
2.2 Вибір елементів схеми.....	27
2.3 Висновки до другого розділу.....	36
3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА.....	38
3.1 Середовище розробки Ардуїно .....	38
3.2 Написання програми.....	40
3.3 Експериментальна частина .....	43
3.4 Виготовлення макета установки.....	44
3.5 Налагодження макета .....	48
3.6 Експериментальне дослідження .....	49
3.7 Висновки до третього розділу .....	54
ВИСНОВКИ .....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	58

КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата	Автоматизований трекер сонячної панелі Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Редченко М.М.				2		
Перевір.		Форкун І.В.						
Н. Контр.		Корецька Л.О.						
Затв.		Мартинюк В.В.			ХНУ, АКІТ-21-1			

## ВСТУП

Зараз проблема нестачі енергії, з якою стикаються країни в усьому світі, особливо в країнах третього світу, вимагає пошуку альтернативних джерел енергії на доповнення до традиційного викопного палива. До альтернативних джерел енергії відносяться сонячна, атомна та вітер.

Ідея використання фотоелектричних панелей для перетворення сонячної енергії в електрику не поступається іншим відновлюваним джерелам енергії.

Сонячна енергія - це енергія, що виробляється шляхом використання енергії сонячного випромінювання. Сонячне випромінювання є найчистішим джерелом енергії, оскільки воно практично не забруднює клімат.

На жаль, сонячні батареї, які використовуються сонячною енергією, не дуже ефективні, що обмежує їх використання в областях, де сонячне випромінювання значно змінюється залежно від сезону.

Кут падіння сонячних променів відносно Землі постійно змінюється, зменшуючи вироблену потужність. Вирішити цю проблему допоможе система стеження за сонцем. Сонячні трекери переміщують сонячні панелі перпендикулярно сонцю протягом дня.

В ході цієї роботи планується розробка робочого прототипу сонячного трекера на базі платформи Arduino, який може бути використаний як конструкторське рішення для тестування ідей та внесення змін у бік модернізації обладнання.

Результатом цієї роботи є двоосьовий сонячний трекер та його опис, а також експерименти з вимірювання виробництва сонячної енергії.

Мета роботи – розробити та виготовити робочий прототип двоосьового сонячного трекера на базі платформи Arduino для підвищення ефективності фотоелектричних панелей шляхом автоматичного стеження за рухом Сонця.

Завдання роботи:

- провести аналіз існуючих двоосьових систем стеження за Сонцем та визначити їхні переваги й недоліки;
- обрати й обґрунтувати апаратні компоненти (Arduino, датчики освітленості, привідні механізми) для реалізації трекера;
- розробити електричну схему підключення сенсорів і моторів до плати Arduino;
- написати програмне забезпечення для керування двома осями трекера з урахуванням даних фотодатчиків;
- змонтувати та налагодити механічну конструкцію двоосьового трекера;
- провести експериментальні вимірювання продуктивності фотоелектричної панелі з використанням трекера й без нього та проаналізувати результати.

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			4

# 1 СТАН ПИТАННЯ

## 1.1 Потенціал сонячної енергетики

Енергія, яку Сонце випромінює на Землю, становить приблизно  $1,8 \cdot 10^{11}$  МВт, що в тисячі разів перевищує потужність усіх інших комерційних джерел енергії, які зараз споживаються на Землі.

Основною проблемою використання сонячної енергії є її різноманітність, різні регіони та кут між сонячними променями та земною поверхнею. Навіть у найжаркіших регіонах Землі потік сонячної радіації рідко перевищує 1 кВт/м, що для технічних цілей недостатньо. Ці проблеми можна усунути за допомогою сонячного трекера, який гарантує, що сонячне світло, що потрапляє на поверхню сонячної панелі, має максимальну інтенсивність від сходу до заходу сонця.

Орбіта Землі навколо Сонця майже кругова, із середньою відстанню від Сонця 149,6 мільйонів кілометрів. Вісь обертання Землі нахилена = 23,441 градуса відносно нормалі та площини орбіти Землі. Площина орбіти Землі називається площиною екліптики. Площина, що проходить через екватор Землі, нахилена перпендикулярно до площини екліптики під кутом  $\epsilon$  (нахил). З закону збереження моменту імпульсу можна сказати, що висота кута над горизонтом змінюється протягом року.

Щоб обчислити кут падіння Сонця, необхідно визначити відповідну систему відліку. Існує три основні системи відліку: екліптична, екваторіальна та горизонтальна.

Ці системи відліку центровані або центровані. Вважається, що Сонце та інші небесні тіла розташовані на небесній сфері (рисунок 1.1).

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			5

## Постійність нахилу Земної осі

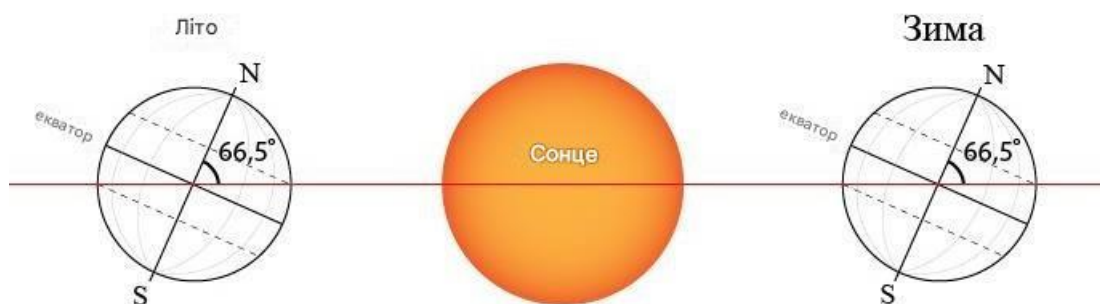


Рисунок 1.1 - Сфера великого радіусу

Припустимо, що небесна сфера обертається навколо нерухомої точки.

Вісь обертання Землі нахилена під кутом  $23,34^\circ$  до площини орбіти обертання Землі навколо Сонця. Період обертання Землі навколо Сонця становить один земний рік.

21 грудня (зимове сонцестояння) до 21 червня (літнє сонцестояння)  $23,45^\circ$  південної широти.

Сонцестояння - це день, коли Сонце знаходиться на найбільшій висоті від Землі. Кут вимірюється через уявну лінію між спостерігачем, Сонцем і горизонтальною площиною, на якій стоїть спостерігач.

Коли сонце сідає за горизонт, кут підйому від'ємний. Кутова відстань між півднем і проекцією променя зору Сонця на Землю. Додатний сонячний азимут вказує на схід від півдня, а від'ємний сонячний азимут вказує на захід від півдня (рисунок 1.2).

Широта – це кут між радіальною лінією, що з'єднує місце з центром Землі, і проекцією цієї лінії на екваторіальну площину. Вісь обертання Землі проходить через земну поверхню на широті  $90^\circ$  (Північний полюс) і на широті  $-90^\circ$  (Південний полюс).

Будь-яке місце на поверхні Землі можна визначити за перетином її кутів довготи та широти.





Виробляти електроенергію за допомогою фотоелементів. Для цього використовуються кремнієві сонячні батареї, які мають ККД до 20%. Але вартість отримання чистого кремнію досить висока. Продукт, який містить не більше 1 грама домішок на 10 кілограмів кремнію, коштує стільки ж, скільки збагачений уран, який використовується на електростанціях, хоча запаси останнього в 100 000 разів менші, ніж запаси кремнію. Водночас у світі виробляється в шість разів менше «хорошого» кремнію, ніж еквівалентна кількість урану [1-5].

З однієї тонни піску, що містить 500 кг кремнію, можна отримати 50-90 кг сонячного кремнію. При цьому для виробництва 1 кілограма потрібно близько 250 кіловат-годин електроенергії [1-5]. Використовуючи нову технологію, розроблену німецькою компанією Siemens у 1979 році, споживання енергії зменшується на порядок, а випуск продукції збільшується в 10-15 разів. Вартість отримання кремнію впала до \$10-15 за кілограм. Простий пісок для цієї техніки не підходить. Для цього потрібен «особливо чистий кварцит», який у великій кількості зустрічається переважно в Африці.

Акумулятор можна встановлювати в супутники, автомобілі та крила літака, а його елементи можна вбудовувати в годинники, калькулятори та ноутбуки. Термін їх служби становить 30 років. За цей період 1 кг сонячного кремнію виробляв стільки електроенергії, скільки вугільна електростанція, що використовує 100 тонн нафти, або атомна електростанція, яка використовує 1 кг збагаченого урану.

Другий спосіб полягає в установці геліостатів на площі в кілька тисяч квадратних метрів. Ці дзеркала обертаються разом із сонцем і направляють сонячні промені на контейнер, що містить тепловідвід (воду). Вода нагрівається, перетворюючись на пару, яка обертає турбіну, яка, у свою чергу, обертає генератор.

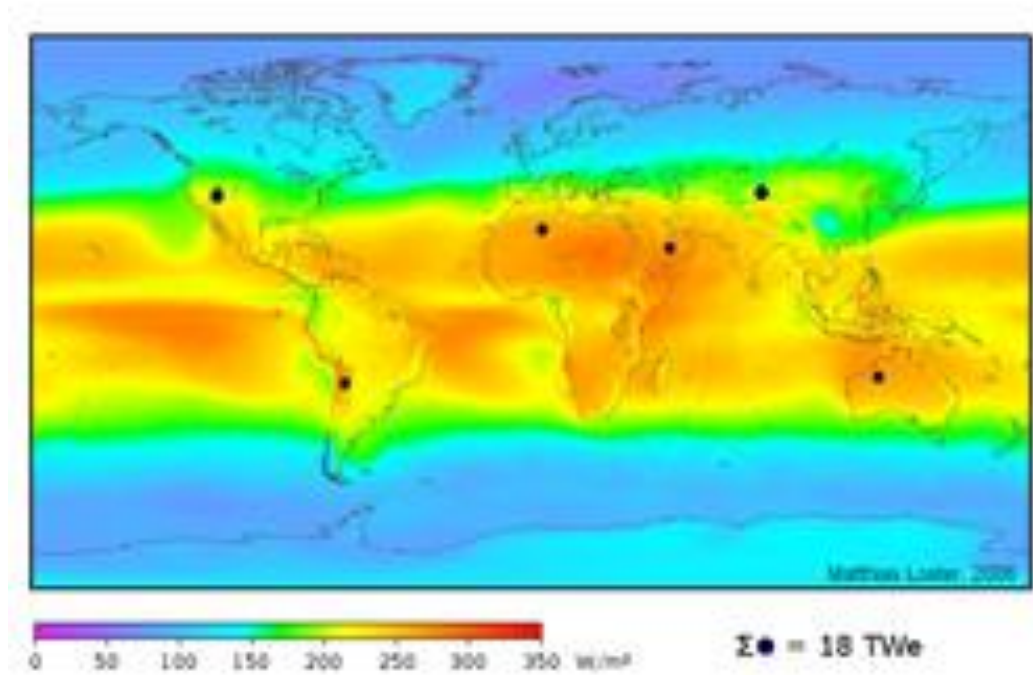


Рисунок 1.4 – Мапа сонячного випромінювання

Сонячна теплова енергія досягається шляхом нагрівання поверхонь, які поглинають сонячне світло, потім розподіляють і використовують тепло (фокусуючи сонячне випромінювання на ємності з водою для подальшого використання нагрітої води для опалення або для парогенераторів). Сонячну енергію можна використовувати безпосередньо для виробництва тепла, не перетворюючи його в електрику. Пристрої, які збирають, накопичують і передають тепло, називаються сонячними колекторами. У цьому випадку на даху або південній стороні будинку встановлюється панель, що складається з труб, по яких вода подається в спеціальні резервуари для зберігання води. Сонце нагріває воду в трубах до 60-70 градусів Цельсія, яка потім накопичується в баку і використовується для опалення або гарячого водопостачання.

«Сонячне вітрило» в безповітряному просторі може перетворювати сонячне світло в кінетичну енергію.

Теплоповітряна електростанція (перетворює сонячну енергію в енергію повітряного потоку і передає її турбогенераторам).

Електростанції на сонячних кулях (використання сонячного випромінювання для генерування водяної пари всередині кулі шляхом нагрівання поверхні кулі, покритої селективно поглинаючим покриттям). Перевагою є те, що запасу пари в циліндрі достатньо для роботи електростанції в темряві та похмурих умовах.

Космічна сонячна електростанція, розташована в точці Лагранжа.

Переваги сонячної енергії:

1. Відкритий доступ і невичерпні ресурси.
2. Теоретично він абсолютно безпечний для навколишнього середовища (проте сьогодні небезпечні речовини використовуються як у виробництві фотоелементів, так і в самих елементах).

Недоліки сонячної енергії:

1. Через відносно невелике значення сонячної постійної сонячні електростанції вимагають використання великих площ землі (наприклад, для установки потужністю 1 ГВт можуть знадобитися десятки квадратних кілометрів). Однак цей недолік не надто великий; наприклад, гідроелектростанція залишає великі масиви землі необробленими. Крім того, фотоелементи на великих сонячних електростанціях встановлюють на висоті від 1,8 до 2,5 метрів, що дозволяє використовувати землю під електростанцією для сільськогосподарських потреб, наприклад для випасу худоби.

2. Сонячні електростанції на повітряній кулі вирішують проблему пошуку великих ділянок землі для будівництва сонячних електростанцій і підходять для наземних, морських і високогірних районів [1-5].

3. Потік сонячної енергії над поверхнею Землі значною мірою залежить від широти та клімату. Середня кількість сонячних днів на рік може сильно відрізнятись між регіонами.

#### Технічні питання

Сонячні електростанції не працюють вночі і недостатньо ефективні в темний час доби вранці та ввечері. При цьому пік споживання електроенергії припадає і на вечірні години. Крім того, генеруюча потужність електростанцій може швидко й несподівано коливатися через зміни погоди. Для подолання цих недоліків використовують або ефективні батареї (що досі є невирішеною проблемою), або будують гідроакумуючі електростанції, але це також займає велику площу, або використовують концепцію водневої енергетики, але це поки що далеко не економічно доцільно.

Сонячні аеростатні електростанції вирішують проблему залежності потужності сонячних електростанцій від часу доби та погодних умов.

Сонячні фотоелементи дорогі. З розвитком технологій цей недолік, швидше за все, буде подолано. 1990–2005. Ціна на фотоелектричні елементи падає в середньому на 4% на рік.

Ефективність сонячної батареї недостатня (незабаром вона може покращитися). Поверхня фотопластинки повинна бути очищена від пилу та інших забруднень. Це може викликати труднощі через його площу в кілька квадратних кілометрів. Ефективність фотоелементів значно падає при нагріванні, тому необхідно встановити систему охолодження (зазвичай на водяній основі). З кожним роком експлуатації ККД фотоелементів падає.

## Екологічні проблеми

Незважаючи на те, що отримана енергія є екологічно чистою, самі фотоелементи містять токсичні речовини, такі як свинець, кадмій, галій, миш'як тощо, а при їх виробництві споживається велика кількість інших шкідливих речовин. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін служби (30-50 років) і їх широке використання незабаром поставить питання про їх утилізацію.

Останнім часом почало активно розвиватися виробництво тонкоплівкових фотоелементів, що містять лише близько 1% кремнію. Тонкоплівкові фотоелектричні елементи дешевші у виробництві через низький вміст кремнію, але їх ефективність все ще низька. Наприклад, у 2005 році Shell вирішила зосередитися на виробництві тонкоплівкових акумуляторів і продала свій бізнес із виробництва кремнієвих фотоелектричних елементів.

### 1.2 Огляд існуючих рішень

Сонячне світло можна використовувати для освітлення кімнати вдень. Для цього використовували світлові колодязі. У найпростішому вигляді світловий колодязь – це отвір у стелі.

Сонячна енергія широко використовується для нагрівання води та виробництва електроенергії. Сонячні колектори виготовляються з доступних матеріалів: сталі, міді, алюмінію та ін., а це означає, що немає необхідності використовувати рідкісний і дорогий кремній. Це дозволяє значно знизити вартість обладнання та енергію, яку воно виробляє.

Управління енергетичної інформації США класифікує сонячні колектори на низькотемпературні, середньотемпературні та високотемпературні. Низькотемпературні колектори — це плоскі пластини,

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	13
		№ докум.	Підпис			

які часто використовуються для обігріву басейнів. Середньотемпературні колектори також зазвичай мають плоскі пластини, але вони використовуються для нагріву води в житлових і комерційних цілях. Високотемпературні колектори використовують дзеркала та лінзи для концентрації сонячного світла, як правило, для виробництва електроенергії.

Сонячна енергія, яка використовується для опалення, охолодження, вентиляції та технологічних потреб, може бути використана для покриття частини витрат на енергію. Теплова маса матеріалу накопичує сонячну енергію протягом дня та вивільняє цю енергію, коли погода похолодає. Взагалі кажучи, теплова маса включає камінь, бетон і воду. При розміщенні теплової маси слід враховувати багато факторів, таких як клімат, рівень денного освітлення, затінення та інші умови. При правильному підключенні термомаса може пасивно підтримувати комфортну температуру, одночасно зменшуючи споживання. Теплову енергію ґрунту також можна використовувати для зберігання тепла між сезонами та для опалення приміщень за допомогою сонячної енергії взимку.

Сонячна теплота як активне сонячне опалення. Типова конструкція домашньої сонячної опалювальної системи складається з сонячної панелі (або сонячного колектора) і теплообмінної рідини, що протікає через неї, доставляючи зібрану теплову енергію в корисне місце, як правило, в резервуар для гарячої води або побутовий радіатор. Сонячні батареї розташовуються там, де протягом дня є багато сонячного світла, зазвичай на даху будівлі. Насос проштовхує теплообмінну рідину (зазвичай свіжу очищену воду) через панель керування. Таким чином тепло збирається і передається в накопичувальну ємність.

Можна використовувати пасивне сонячне опалення, яке не потребує електричного чи механічного обладнання та залежить від конструкції та структури будинку для збору, зберігання та розподілу тепла по всій будівлі.

Деякі пасивні системи використовують невелику кількість звичайної енергії для роботи заслінок, віконниць, нічної ізоляції та іншого обладнання для підвищення рівня збору сонячної енергії, зберігання, використання та зменшення непотрібної передачі тепла.

У 2001 році вартість виробництва електроенергії з сонячних теплових колекторів становила від 0,09 до 0,12 доларів за кіловат-годину. Міністерство енергетики США прогнозує, що вартість концентрованої сонячної енергії впаде до 0,04–0,05 доларів США між 2015 і 2020 роками.

У 2007 році Алжир розпочав будівництво гібридної електростанції. Вдень електроенергію виробляють за допомогою сонячної енергії, а вночі – за допомогою природного газу.

Світлові колодязі використовуються для освітлення приміщень без вікон: підземних гаражів, станцій метро, промислових будівель, складів, в'язниць тощо.

Сонячні колектори можна використовувати для приготування їжі. Температура у фокусі колектора досягає 150°C. Така кухонна техніка може широко використовуватися в країнах, що розвиваються. Матеріали, необхідні для виготовлення «сонячної кухні», коштують від 3 до 7 доларів. У країнах, що розвиваються, деревина широко використовується для приготування їжі.

Тепловий ККД звичайних кухонних багать становить близько 10%. Використання дров для приготування їжі призвело до тривалого вирубування лісів.

Існують різні схеми просування сонячних кухонь на міжнародному рівні. Наприклад, у 2008 році Фінляндія та Китай підписали угоду про надання 19 000 сонячних плит для 31 села Китаю. Це дозволить скоротити викиди вуглекислого газу на 1,7 мільйона тонн між 2008 і 2012 роками. У майбутньому Фінляндія зможе купувати дозволи на ці викиди [6-10].

Використання сонячної енергії в хімічному виробництві

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	15
		№ докум.	Підпис			

Сонячну енергію можна використовувати в різноманітних хімічних процесах. Наприклад:

У 2005 році Інститут науки Вейцмана в Ізраїлі випробував технологію виробництва неокисленого цинку в сонячних вежах. На вершині сонячної вежі оксид цинку разом з деревним вугіллям нагрівається дзеркалами до температури 1200°C. Після цього процесу ми отримуємо чистий цинк. Потім цинк можна запечатати в пакети та транспортувати до місця виробництва електроенергії. На місці цинк поміщають у воду, де відбувається хімічна реакція з утворенням водню та оксиду цинку. Поверніть оксид цинку в сонячну вежу, щоб отримати чистий цинк. Технологію випробували на сонячній вежі Канадського інституту енергетики та прикладних досліджень.

Швейцарська компанія Clean Hydrogen Producer (CHP) розробила технологію виробництва водню з води за допомогою параболічних сонячних концентраторів. Інсталяція має площу дзеркала 93 кв. У фокусі концентратора температура досягає 2200°C. Вода починає розкладатися на водень і кисень при температурі вище 1700°C. Протягом 6,5-годинного денного періоду (6,5 кВт-год/м<sup>2</sup>) ТЕЦ може розділити 94,9 літра води на водень і кисень. Виробництво водню становить 3800 кг на рік (приблизно 10,4 кг/добу).

Водень можна зберігати протягом значних періодів часу та використовувати за потреби або для виробництва електроенергії за допомогою паливних елементів, або як паливо для транспортних засобів.

Фотоелектричні елементи можна встановлювати на всі види транспортних засобів: кораблі, електричні та гібридні автомобілі, літаки, дирижаблі та ін.

Електроенергія, вироблена фотоелектричними елементами, може бути використана для бортового живлення транспортного засобу або електродвигуна електромобіля.

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	16
		№ докум.	Підпис			



Система позиціонування може бути електричною або гідравлічною. Фоточутливі пристрої — це група датчиків, які вимірюють умови навколишнього середовища та інтенсивність світла (рисунок 1.6).

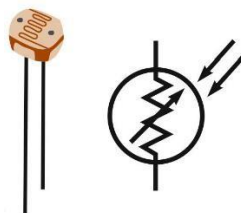


Рисунок 1.6 - Фоторезистор

Вони використовуються у випадку відстеження положення інтенсивності. Обсяг вихідних даних сильно залежить від косинуса кута падіння, тобто кута між сонячним променем і горизонтальною площиною. Мінімальний кут падіння дає максимальну вихідну потужність. У випадку фіксованих панелей максимальна потужність досягається лише опівдні. Сонячні трекери можуть вирішити цю проблему.

Перший датчик сонця, представлений Фінстером у 1962 році, був повністю механічним. Через рік був представлений автоматичний електронний механізм керування за допомогою піранометра.

Тіберіу Тудораче та співавтори порівняли фіксовані панелі та системи відстеження з точки зору виробництва електроенергії та ефективності. Пристрій автоматично шукає оптимальне положення фотоелектричної панелі відносно сонця за допомогою двигуна постійного струму, керованого приводом, який отримує вхідні сигнали від спеціального датчика інтенсивності світла. Цей трекер виробляє приблизно на 57,55% більше енергії, ніж стаціонарні сонячні панелі.

Цей трекер використовується для мінімізації кута нахилу між вхідним сонячним світлом і фотоелектричною панеллю. Масаказу Іто та співавтори представили порівняльне дослідження стаціонарних систем і систем

відстеження у великомасштабних фотоелектричних (VLS-PV) системах у пустелях.

Моделювання використовувало часові ряди сонячної радіації та температури, що становлять 18-річний історичний рекорд (з 1994 по 2011 рік). Результати показують, що одноосьові треки з вертикальною віссю, нахиленою на 30 градусів північної широти, зазвичай отримують на 15-35% більше потужності, ніж зафіксовано під оптимальним кутом нахилу. Аняка та ін. вивчав використання технології сонячного відстеження для покращення вихідної потужності фотоелектричних систем. У цій статті детально описано рішення системи відстеження сонячної енергії, яка може забезпечити широкий спектр високопродуктивних систем виробництва сонячної енергії [11-15].

### 1.3 Висновки до першого розділу

Потенціал сонячної енергетики є надзвичайно високим і теоретично може задовольнити будь-які глобальні потреби в електроенергії завдяки потоку приблизно  $1367 \text{ Вт/м}^2$  за межами атмосфери та майже  $1020 \text{ Вт/м}^2$  на рівні моря. Однак ефективне використання цієї енергії обмежується змінним кутом падіння променів, який залежить від добового й річного руху Сонця та географічного положення. Відносно невелика густина сонячної радіації, особливо в помірних широтах, вимагає застосування великих площ або інноваційних технологій для досягнення економічного рівня виробництва. У цьому контексті системи стеження за Сонцем, зокрема двоосьові треки, дозволяють підтримувати панелі перпендикулярно сонячним променям практично протягом усього дня, що підвищує отримувану енергію на 15–35%. Астрономічні та інтенсивнісні алгоритми управління треками демонструють різну складність і точність, але обидва підходи довели свою

доцільність у реальних умовах. Розуміння орбіти Землі, нахилу її осі та трьох основних систем відліку є ключовим для точного розрахунку кутів падіння світла й побудови моделей роботи трекерів. Сонячна енергетика, будучи відновлюваним і екологічно чистим джерелом, з кожним роком набуває більшого значення в умовах зростання попиту на електроенергію та необхідності зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Незважаючи на складнощі з виробництвом високоефективних фотоелементів і їх дорогою сировиною, технологічний прогрес (наприклад, тонкоплівкові та концентраторні рішення) постійно знижує собівартість і розширює сферу застосування. Водночас сонячні геліосистеми та теплові колектори пропонують альтернативні підходи до збору й використання сонячної енергії у вигляді тепла. Отже, подальший розвиток сонячної енергетики залежить від інтеграції ефективних систем трекінгу, удосконалення матеріалів та оптимізації економічних моделей застосування.

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			20

## 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Щоб розробити робочий план пристрою стеження за сонцем, необхідно визначити параметри системи. Щоб продемонструвати роботу системи, не потрібно генерувати велику кількість електроенергії за допомогою сонячних панелей, тому розмір фотоелектричного полотна буде обмежений потужністю 5 Вт.

Для переміщення сонячної панелі по двох осях необхідно використовувати як мінімум два приводи. Більш детально вибір приводів описано в розділі 2.2 цієї роботи.

Система також повинна заряджатися від незалежного джерела живлення. Незалежно від того, скільки енергії виробляють панелі, акумулятор повинен відповідати потребам системи.

Керуючими функціями системи можуть бути алгоритми, вбудовані в мікросхеми, або програмні коди, складені в контролер комп'ютерами. Для вивчення алгоритму сонцетрекера краще вибрати варіант з контролером, оскільки він пропонує більше можливих режимів і більш інтуїтивно зрозумілий.

### 2.1 Розробка електричної принциповою схеми

Схема автоматизації – основний технічний документ, схема, що визначає структуру (ієрархію) пунктів контролю та управління, функції систем контролю та управління об'єктами автоматизації, оснащення системи автоматизації технічними засобами: апаратурою та засобами автоматизації, панелями, пультами, обчислювальними пристроями тощо [16-17].

Плани автоматизації розробляються на кожному етапі проектування. Вони використовуються для обґрунтування основних проектних рішень під

час розгляду та погодження проекту (робочого проекту), для підготовки та виконання монтажу та пусконаладжувальних робіт систем автоматизації, а також для навчання техніків-операторів виконанню монтажних робіт автоматизації.

Схему автоматизації розробляють після вивчення технології виробництва (або технології інженерної системи), її експлуатаційних характеристик, поведінки виробничого персоналу при запуску, зупинці технологічного процесу, підтримці необхідного режиму і роботі в аварійних ситуаціях, правил безпечної експлуатації та охорони праці конкретного виробництва (обладнання); завдання автоматизації об'єкта, досвід експлуатації систем автоматизації на аналогічних діючих об'єктах.

#### Рішення структурної автоматизації

Структурна схема призначена для відображення системи контролю та управління виробничими процесами даного об'єкта і встановлення зв'язків між пультами, пунктами управління, робочими місцями основних груп технічних засобів, а також для відображення адміністративно-технічної сутності централізованого управління об'єктом. При складанні структурних схем не дотримуються пропорції.

Загалом, умовні графічні символи використовуються на схемах структури автоматизації для представлення наступного:

- контрольно-обчислювальні машини, всі щити управління та диспетчеризації, пункти управління, що входять до структури об'єкта, що проектується;
- диспетчерсько-операційні пульти і пункти управління не є частиною проекту автоматизації, що розробляється, а підключаються до нього через систему контролю та управління;
- цех поділяється на відділення, дільниці, вузли або групи обладнання;
- технологічні лінії;

– лінія оперативного зв'язку, яка вказує напрямок потоку інформації.

Оперативно-диспетчерські пульти і пункти управління, що входять до складу проекрованої системи автоматизації об'єкта, зображуються на схемі у вигляді прямокутників, в яких розміщуються: найменування пульта або пункту, вид оперативного зв'язку, ПІБ головного чергового (наприклад, оператора, апаратника тощо), перелік основних завдань.

Диспетчерсько-оперативні пульти і пункти управління, що не входять до структури проекту, зображуються на схемі кружками, а всередині кружків вписуються їх найменування та прізвище чергового.

Для наочності рисунків умовні зображення контурів цехів (або інших виробничих підрозділів), захисних кожухів, пултів і пунктів контролю та управління, ліній функціональних зв'язків. Вони з'єднані більш товстими лініями (0,5 мм), ніж лінії умовної сегментації (0,2 мм) всередині умовних зображень. Якщо є лінії технологічного потоку, намалюйте їх товщиною лінії не менше 1 мм.

Вид оперативного зв'язку позначається літерами, наприклад: ДАК - дистанційне автоматичне керування; К - контрольний; З - сигналізація; ТЗ - дистанційне керування і т.д., і застосовується до лінії зв'язку.

Структурна схема АСУ складається з функціональних блоків, які є конструктивно незалежними частинами (елементами або пристроями) АСУ, що виконують певну функцію. Функціональні блоки на схемі представлені прямокутниками, всередині яких записані їх назви відповідно до функцій, які вони виконують. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) представлені лініями зі стрілками, що вказують напрямок впливу.

Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, який визначає технологічну структуру об'єкта та ступінь автоматизації. Функціональні схеми використовують умовні графічні символи для зображення технологічного обладнання, комунікацій, засобів

керування, пристроїв і засобів автоматизації тощо, а також вказують зв'язки між ними, таблиці символів і необхідні інструкції.

Функціональна схема автоматизації графічно розділена на дві області. Верхня частина креслення - це технологічний план, а нижня частина - умовні графічні позначення, які в загальному вигляді позначають: установку місцевого обладнання, щити, пульти, пункти контролю і управління, управління машинами і т. д. Загальні графічні зображення обладнання і засобів автоматизації, їх розміри і буквені назви повинні відповідати стандартам.

На функціональній схемі пристрої та засоби автоматики відображаються в розгорнутому вигляді, згідно з яким кожен прилад або вузол, що входять до складу єдиного комплексу, відображаються окремим умовним графічним зображенням. У верхній частині зображення (коло, еліпс) наносяться назви вимірюваних величин і функцій, які виконують прилади, в порядку їх розміщення зліва направо. У нижній частині вказується назва місця розташування набору вимірювань або окремих його елементів [16-17].

#### Схема автоматизації

Схеми автоматизації (зазвичай електричні) визначають повний склад компонентів продукту та з'єднання між ними, а також надають детальне уявлення про те, як вони працюють.

Залежно від режиму виконання розрізняють сумісні схеми та дистанційні схеми.

На сумісних схемах прилади та апарати зображуються у складеному вигляді, тобто всі зображення елементів, що містяться в пристрої (напівпровідникових компонентів, конденсаторів, електромагнітів, контактів тощо), розміщуються в межах умовного графічного зображення пристрою.

Вони використовують сумісні схеми для опису роботи складних автоматизованих систем.

У розкомпонованому вигляді кожен пристрій або пристрій розділено на кілька компонентів. Підключено за допомогою ліній зв'язку. Схема повинна бути розміщена відповідно до порядку, в якому компоненти працюють у часі.

Елементи на схемі зображені згідно з державними стандартами. Кожен елемент, зображений на схемі, повинен мати буквено-цифрову позначку позиції. Перелік елементів розміщують над основним написом схеми (на відстані не менше 12 мм) або оформлюють окремим документом.

Для роботи пристрою знадобляться лише шість аналогових входів для датчика освітленості та потенціометра та два дискретних виходи для керування сервоприводом. На схемі підключення повинні бути присутніми сигнальні дроти і дроти живлення.

Для регулювання світлочутливості необхідно використовувати потенціометр, який регулює опір. Це дозволить налаштувати систему на більш стабільну роботу.

Щоб датчик освітленості працював, в ланцюг необхідно додати резистор.

Згенерований заряд повинен надходити в батарею, тому потрібна друкована плата, яка може виконувати роль зарядного пристрою.

Представлена структурна схема пристрою на рисунку 2.1.

На цій схемі показано підключення вузлів пристрою. Це необхідно для створення програмного коду та логіки для побудови електричних з'єднань.

Всі елементи схеми повинні бути з'єднані в значущу схему. Контролер Arduino повинен бути в центрі, оскільки це «мозок» системи. Датчики та елементи керування показані зліва від контролера. Від контролера. На рисунку 2.2 зображено електричну принципову схему пристрою.



## 2.2 Вибір елементів схеми

Головним елементом важливої схеми є контролер Arduino MEGA. Контролер має аналогові та дискретні входи та виходи (рисунок 2.3)

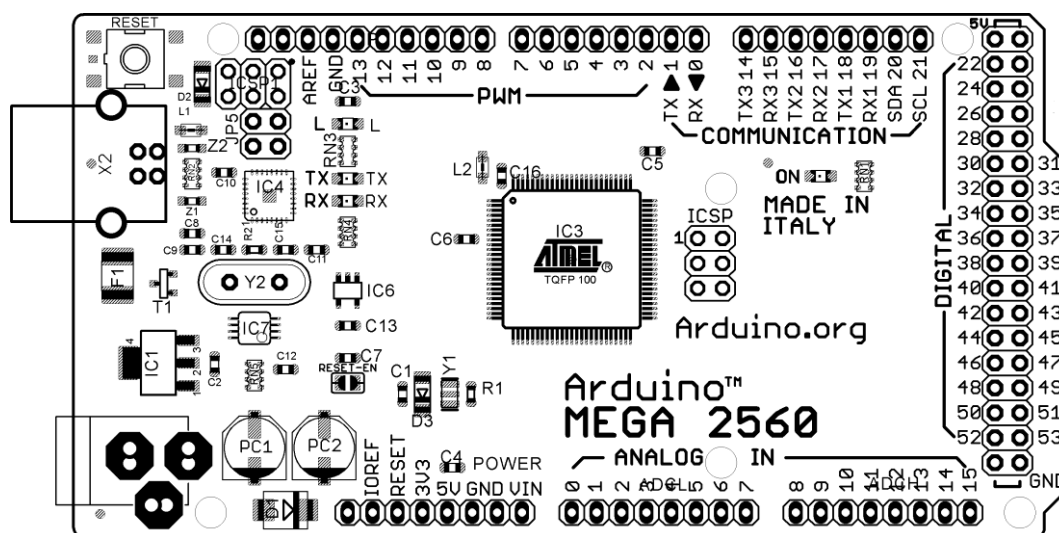


Рисунок 2.3 - Arduino MEGA

В основі платформи лежить мікроконтролер ATmega2560. Для програмування платформи не потрібен спеціалізований програміст. Працює за протоколом STK500. Ви також можете запрограмувати мікроконтролер через ICSP за допомогою ARDUINO ISP або іншого пристрою з такими можливостями (рисунок 2.4).

Програмний код доступний у сховищі розробника. ATMEGA завантажується за допомогою завантажувача DFU, який можна активувати, підключивши перемичку на задній частині плати та скинувши 8U2.

Більш пізні материнські плати мають резистор, щоб підтягнути лінію 8U2/16U до землі, що полегшує перехід у режим DFU.

У нашому випадку можна використовувати програматор на базі Windows через спеціальний кабель.



Для управління панелями вагою до 1 кг можна використовувати мікросерво SG90 (рисунок 2.5).

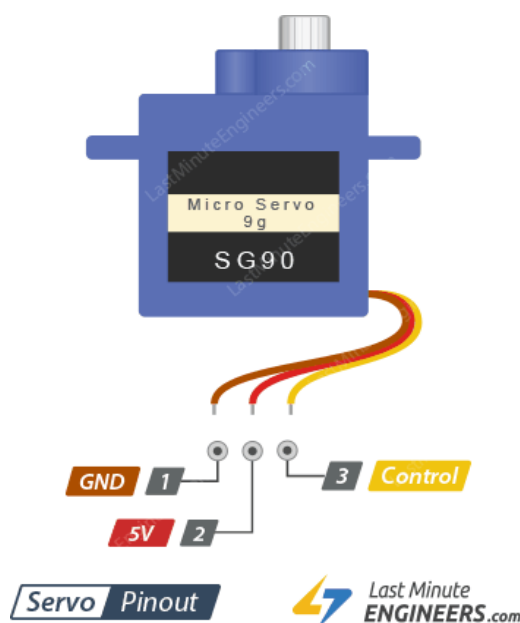


Рисунок 2.5 - Micro Servo SG90

Назва «серво» просто означає, що він керується замкнутим контуром.

Для регулювання швидкості та напрямку двигуна використовується система із замкнутим контуром із сигналом зворотного зв'язку [19].

Серводвигун містить невеликий двигун постійного струму, з'єднаний з вихідним валом за допомогою шестерень (рисунок 2.6).

Керуючий сигнал подається в імпульсній формі, тобто частота постійна, а ширина змінна (рисунок 2.7).

Положення осі сервоприводу залежить від ширини імпульсу. Тривалість цього сигналу визначається потенціометром. Це частина плану. Друга частина схеми порівнює імпульси. Двигун запускається імпульсами різної тривалості. Напрямок обертання визначається тим, який імпульс коротший. Якщо імпульси рівні по тривалості, двигун зупиняється.

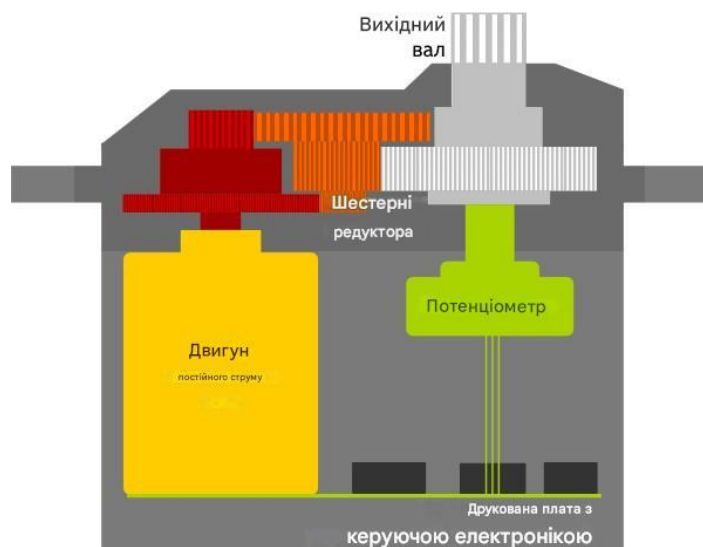


Рисунок 2.6 - Пристрій сервоприводу

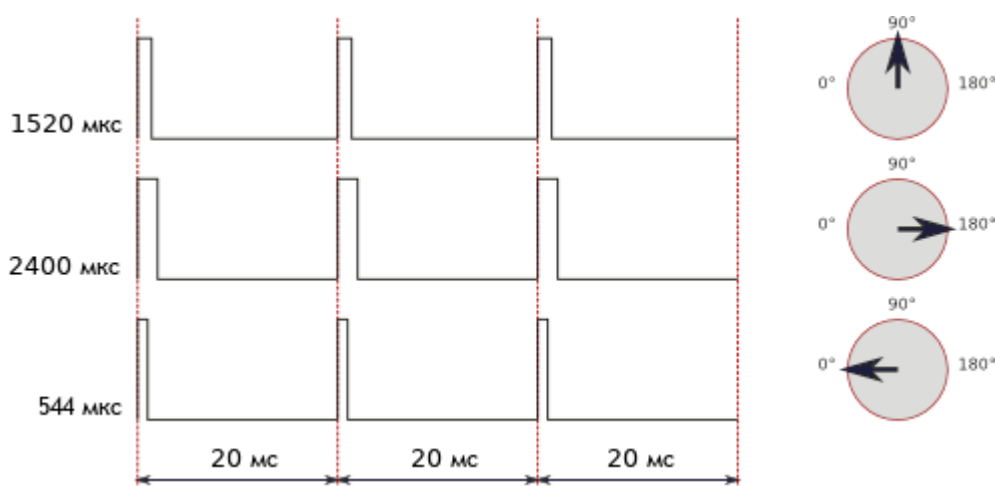


Рисунок 2.7 - Імпульс управителя сигналу сервоприводу

Для передачі живлення на акумулятор потрібен зарядний пристрій. З доступних варіантів ви можете вибрати плату TP4056. Це повністю лінійний зарядний пристрій постійного або постійного струму для однокомпонентних літій-іонних акумуляторів. Це рішення ідеально підходить для портативних пристроїв. TP4056 також може працювати в USB і як мережевий адаптер [20].

Напруга зарядки стабільна лише при 4,2 В. Струм заряду можна запрограмувати за допомогою резистора. TP4056 може автоматично



З рухомого контакту знімається напруга від нуля до максимального значення, що дорівнює вхідній напрузі пристрою [21].

Датчик світла - це фоторезистор, розташований на тій же передній площині, що й сонячна панель (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 - Фоторезистор

Існує два види фоторезисторів: зовнішні фоторезистори і внутрішні фоторезистори. Виробництво фоторезисторів з внутрішнім фотоефектом здійснюється з використанням нелегованих матеріалів, таких як кремній або германій.

Фотони, що падають на пристрій, змушують електрони переміщатися з валентної зони в зону провідності. В результаті цього процесу в матеріалі з'являється велика кількість вільних електронів, що підвищує провідність і в кінцевому підсумку знижує опір.

Найважливішим елементом системи є сонячна панель. На це варто звернути особливу увагу при виборі.

Сучасні сонячні панелі бувають чотирьох типів: монокристалічні, полікристалічні, тонкоплівкові та концентруючі.

Монокристалічні сонячні панелі виготовляються з монокристалу кремнію. Їх характерний зовнішній вигляд включає темний колір і закруглені краї. Завдяки чистоті кремнію вони дуже ефективні. Тому їх ефективність може перевищувати 20%.

Монокристалічний кремній покращує його довговічність навіть при високих температурах (рисунок 2.11). Вони також мають високу вихідну потужність. Однак це також робить їх дорожчими [22-30].



Рисунок 2.11 - Монокристалічні сонячні панелі

Полікристалічні сонячні батареї також мають унікальний зовнішній вигляд: вони квадратні, не мають зрізаних кутів і переважно синього кольору (рисунок 2.12). Оскільки вони виготовляються шляхом плавлення сирого кремнію, їх виробництво швидше та дешевше.



Ці панелі виготовлені на основі таких матеріалів, як кремній, кадмій або мідь. Вони прості у виготовленні та дешевші за інші типи сонячних панелей, оскільки для їх виготовлення потрібно набагато менше матеріалів.

Крім того, що цей тип панелі є більш доступним, він також пропонує гнучкість. Це значно полегшує їх застосування і знижує чутливість до високих температур.

Для виготовлення сонячних панелей з аморфного кремнію використовується тришарова технологія, яка є найкращою технологією у виробництві тонкоплівкових матеріалів.

Оскільки вони прості та дешеві у виготовленні, вони мають менший термін служби та гарантійний термін.

Концентровані фотоелектричні панелі є багатоперехідними та мають ККД 41% (рисунок 2.14). Він дуже ефективний завдяки вигнутим дзеркалам, лінзам і системі охолодження [22-30].



Рисунок 2.14 - Концентрована сонячна панель

Завдяки високому ККД даного виду панелей, він є найкращим серед інших видів сонячних батарей. Однак, щоб бути найбільш ефективними, вони повинні знаходитися під певним кутом до сонця. Для цього всередині сонячної батареї встановлено сонячний трекер, який слідує за сонцем.

Для створення сонячного трекера в даній роботі не потрібно отримувати високі енергетичні характеристики, тому можна вибрати найпопулярніший тип сонячних панелей, яким є полікристалічний кремній.

### 2.3 Висновки до другого розділу

У розділі розрахункової частини було обґрунтовано вибір потужності фотоелектричного полотна на рівні 5 Вт для зручності тестування без потреби у великих площах аварійного генерування. Було визначено, що для повноцінного стеження за рухом Сонця необхідно мінімум два приводні механізми, що забезпечують рух панелі по двох осях. Резервне живлення системи реалізовано через незалежний акумуляторний блок, який гарантує безперебійну роботу навіть за мінімальної віддачі фотомодулів. Керуючі алгоритми було закладено в архітектуру контролера, що дає можливість гнучкого переналаштування режимів стеження. Розроблена структурна схема відобразила логічні зв'язки між сенсорами освітленості, сервоприводами та блоком живлення. Принципова електрична схема детально визначає типи з'єднань, місце встановлення потенціометрів для налаштування чутливості і необхідні елементи захисту. Вибір контролера Arduino Mega 2560 виправданий його кількістю аналогових входів і наявністю вбудованого USB-інтерфейсу. Сервоприводи SG90 обрано за їх компактність та достатню крутний момент для зміщення панелі вагою до 1 кг. Додатково передбачено введення лінійних зарядних модулів TP4056 для автоматичного контролю процесу заряджання акумулятора. Таким чином, виконані розрахунки та

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	36
		№ докум.	Підпис			

проектні рішення створюють міцну основу для подальшої реалізації й експериментального підтвердження ефективності розробленої системи стеження за Сонцем.

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			37

## 3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

### 3.1 Середовище розробки Ардуїно

Інтерфейс середовища розробки Arduino складається з таких основних елементів: текстовий редактор для написання коду, область для відображення повідомлень, текстова консоль, панель інструментів із традиційними кнопками та головне меню. Це програмне забезпечення дозволяє комп'ютеру взаємодіяти з Arduino, як для передачі даних, так і для флеш-коду в контролер.

Програми, створені під час розробки Arduino, іноді називають ескізами. Ескізи пишуться в текстовому редакторі та зберігаються у файлах із розширенням `.ino`. Вбудований текстовий редактор має стандартні інструменти для копіювання, вставки, пошуку та заміни тексту. Область повідомлень у вікні програми є формою зворотнього зв'язку з користувачем, яка інформує користувача про події (включаючи помилки), які відбуваються під час написання або експорту написаного коду. Консоль відображає вихідний потік середовища Arduino у текстовій формі, включаючи будь-які повідомлення про помилки та іншу інформацію, згенеровану ним. У нижньому правому куті вікна програми відображається поточна модель плати та підключений послідовний порт. Кнопки на панелі інструментів використовуються для створення, відкриття, збереження та прошивки програм на пристрої. Окрема кнопка запускає програму SerialMonitor.

Примітка. У старіших версіях IDE (до версії 1.0) ескізи зберігалися з розширенням `.pde`. Такі файли будуть відкриватися без проблем у версії 1.0, але при збереженні з'явиться повідомлення з проханням змінити формат файлу на `.ino` [31-35].

Щоб прошити мікроконтролер через зовнішній програматор, необхідно натиснути клавішу «shift» перед клацанням цієї піктограми. Текст біля кнопки зміниться на «Завантажити за допомогою програматора».

Ця команда «Відкрити» відкриває меню зі списком усіх доступних ескізів у робочій папці. Коли ви клацаєте файл, його вміст відкривається в поточному вікні.

Через помилку Java функція прокручування в цьому меню не працює; тому, якщо потрібно відкрити програму з кінця списку - краще скористатися File | Скетчбук.

Додаткові команди можна знайти в меню «Файл», «Правка», «Ескіз», «Інструменти» та «Довідка». У цих меню завжди активні лише ті елементи, які можна застосувати до поточного елемента або фрагмента коду.

Меню редагування дозволяє копіювати код програми в буфер обміну в спеціальному форматі для зручного розміщення на форумі (з підсвічуванням синтаксису).

Скопіювати через меню «Копіювати як HTML» програмний код у буфер обміну як HTML-код для легкого вбудовування на веб-сторінку.

Меню «Додати файли» додає вихідні файли до поточної програми (вибрані файли буде скопійовано з вихідної папки). Доданий файл з'явиться в новій вкладці головного вікна. Ви можете видалити файли за допомогою меню вкладок.

Додати бібліотеку до своєї програми можна через пункт меню «Імпорт бібліотек», вставивши оператор `#include` на початку коду. Крім того, IDE 1.0.5 і новіші версії підтримують можливість імпортувати бібліотеки з архівів .zip.

Команда «Автоформат» додає естетики вашому коду, тобто: рівний відступ у відповідних відкриваючих і закриваючих фігурних дужках, додатковий відступ для коду всередині логічних блоків.

### 3.2 Написання програми

Щоб запрограмувати Arduino Mega, спочатку потрібно спрощено описати алгоритм програми. На рисунку 3.1 представлена блок-схема програми керування сонячним трекером [36-37].

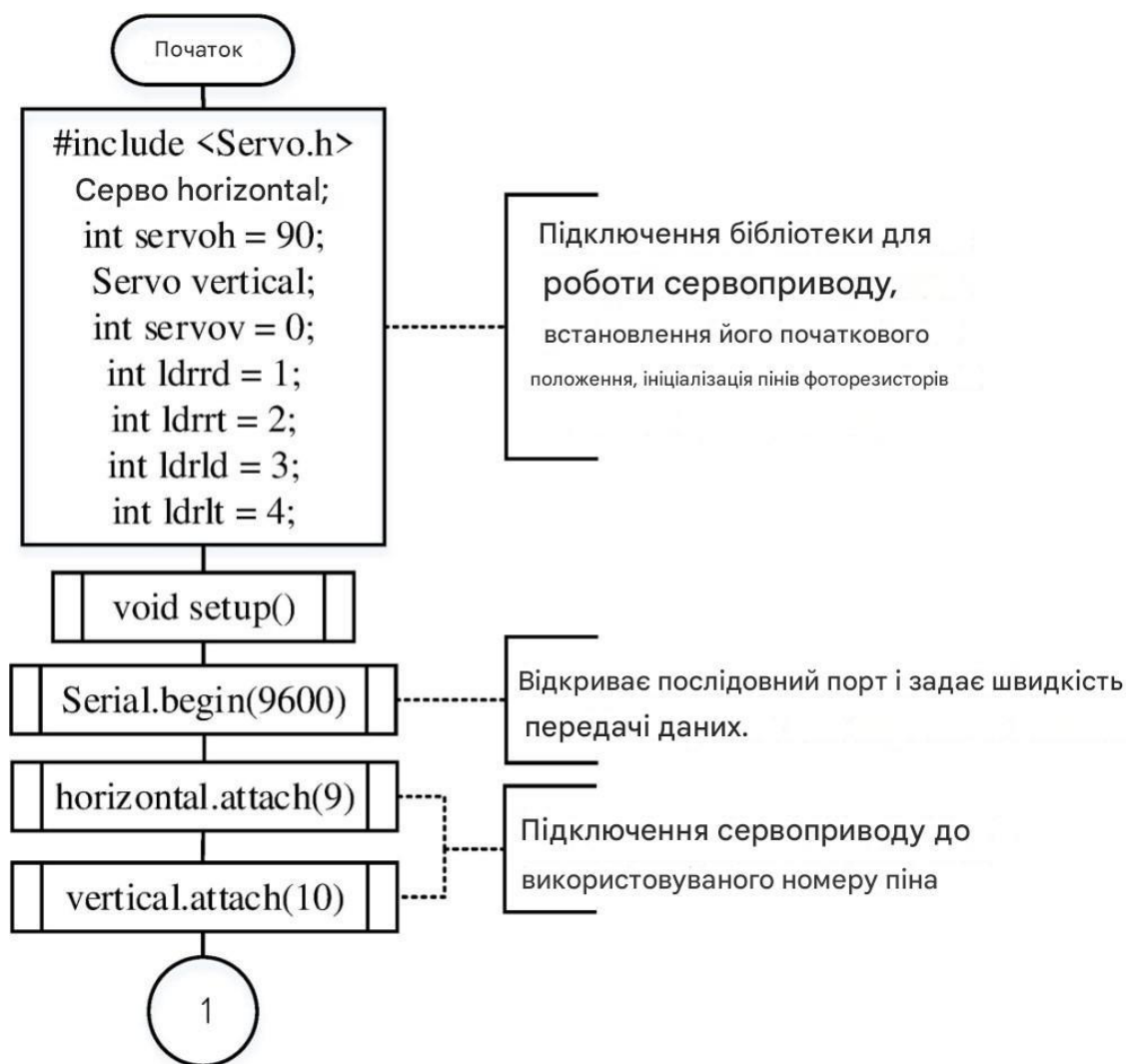


Рисунок 3.1 Блок-схема програми керування сонячним трекером





Команда `if..else` — це елемент керування, який дозволяє комбінувати кілька перевірок.

Послідовні функції використовуються для зв'язку з іншими програмними пристроями. Щоб використовувати послідовні команди, I/O 0 RX, 1 TX і порт USB повинні бути ввімкнені. Однак якщо ви використовуєте функцію послідовного порту, ви не зможете підключити інші пристрої до портів 0 і 1.

Аналогова функція зчитує значення аналогового входу. Як правило, платформа Arduino має щонайменше шість каналів з використанням аналого-цифрових перетворювачів. Вхідна напруга від 0 до 5 вольт зчитується як значення від 0 до 1023.

Код програми для сонячного трекера знаходиться в розділі Додаток А.

### 3.3 Експериментальна частина

Експериментальна частина диплома Solar Tracker передбачає створення макета, отримання вольт-амперних характеристик та аналіз даних. Розділ 3.3 описує, як створити модель [38-40].

Розмір установки слід підбирати виходячи з раціонального використання площі сонячної панелі. Платформа сонячної батареї повинна бути достатньо легкою, щоб сервопривід витримав навантаження.

Для мобільності всі компоненти системи повинні бути розташовані на корпусі сонячного трекера. Нижче наведено зразок конструктивної схеми сонячного трекера.

Сонячна система, зображена на рисунку 3.2, здатна виробляти до 5 кВт енергії, але її розміри занадто великі для демонстрації системи керування у ВКР, тому розміри пристрою будуть зменшені на порядок.



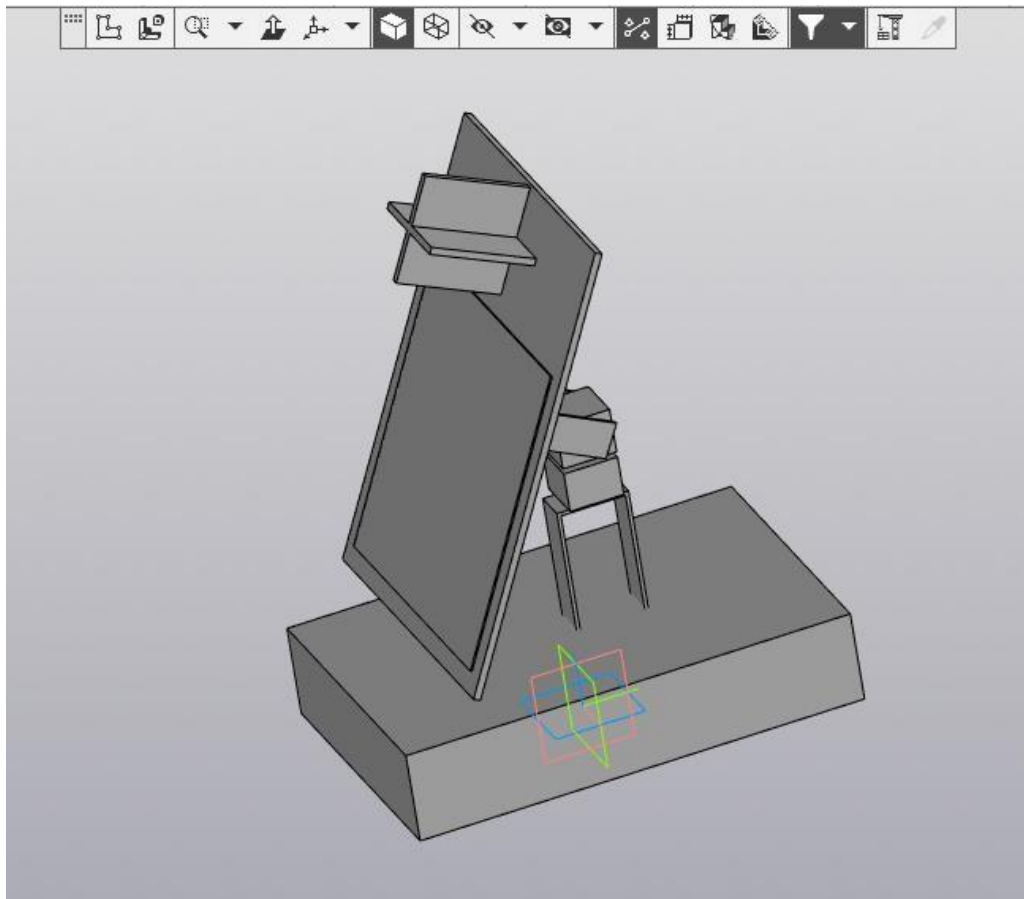


Рисунок 3.3 - Модель системи в 3D

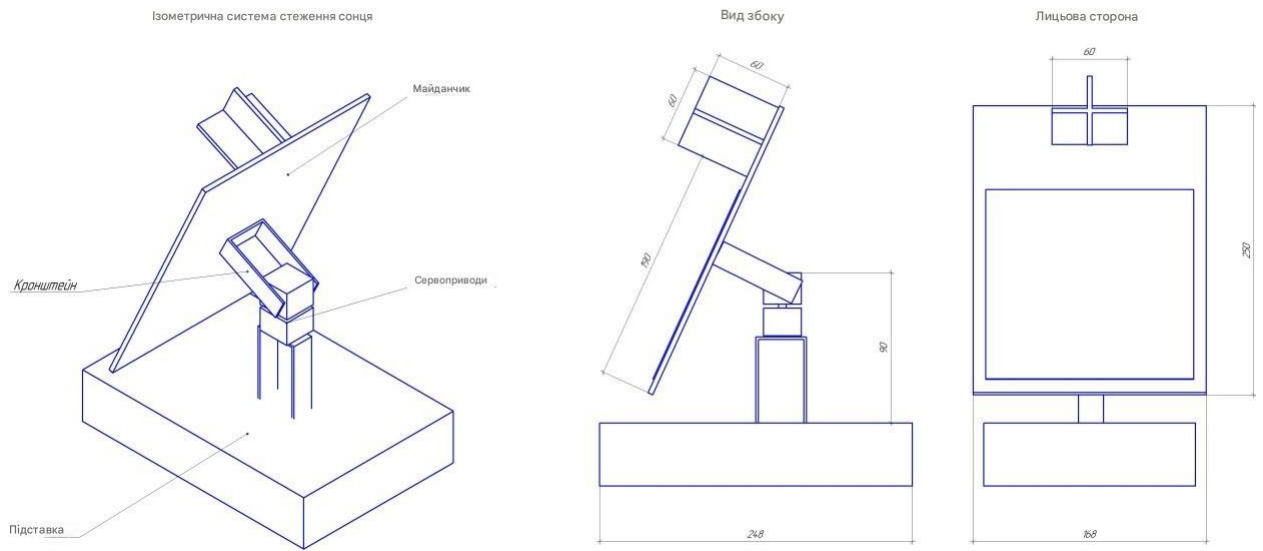


Рисунок 3.4 - Габарити корпуси установки

		№ докум.	Підпис	





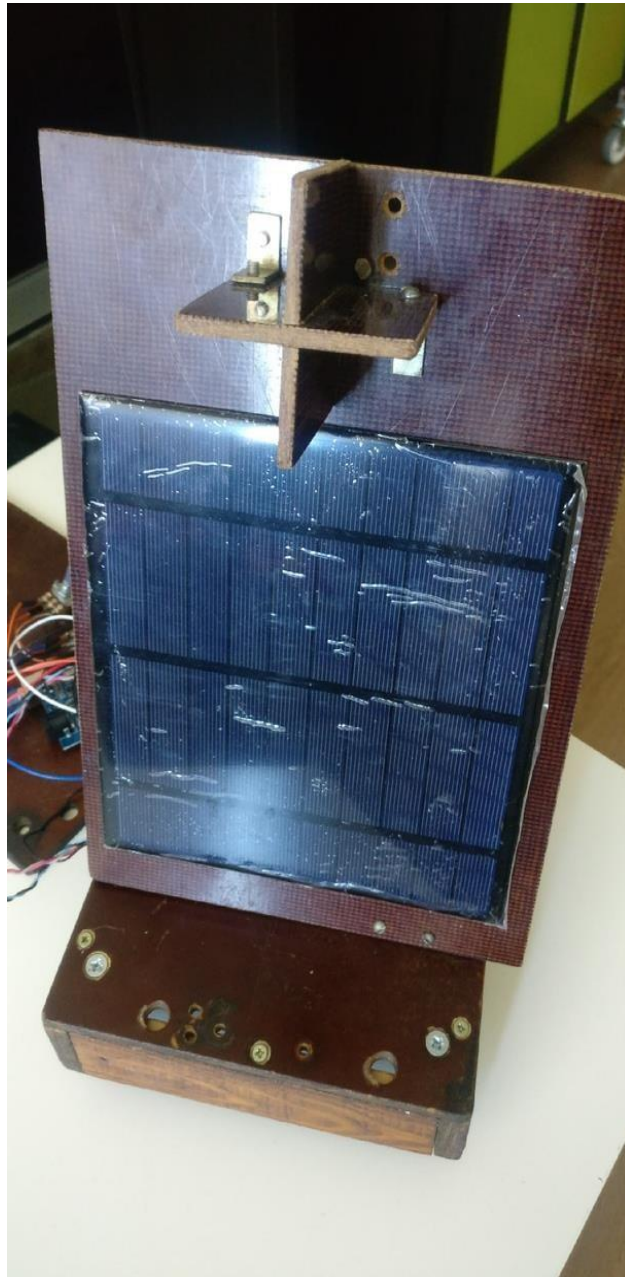


Рисунок 3.8 - Лицьова сторона установки

### 3.5 Налагодження макета

Після формування основного корпусу моделі та підключення компонентів схеми пристрій вводять в роботу. Під час налагодження макета виникли труднощі з тим, щоб платформа правильно оберталася. Чутливість світлодіода була занадто високою, тому платформа смикалася.

Чутливість світлодіода регулюється потенціометром R6 у схемі, який має значення 131 при перегляді на моніторі послідовного порту.

Наступна проблема, яка виникає при налагодженні системи - недостатня напруга на сервоприводах. Проблему було вирішено після від'єднання та повторного під'єднання джгута живлення.

Після створення системи всі вузли та комутатори пройшли одногодинний тест на інтенсивність роботи.

### 3.6 Експериментальне дослідження

Системи відстеження сонячних батарей здатні виробляти 5 вольт, заявлених виробниками сонячних панелей. Однак експерименти на відкритому повітрі під сонячними променями показали силу струму 650 мА, лише 65% від заявлених характеристик (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 - Зняття характеристик з установки

Заміри проводилися на набережній Комсомольського району в Тольятті. Експеримент проводився щодня з 12:00 до 20:00 за місцевим часом. Пристрій був розміщений перпендикулярно сонцю, і перше, що я зробив, це виміряв струм і напругу двовісного сонячного трекера, потім я зробив те

саме для фіксованої панелі, знімаючи всі показники за допомогою електричного вимірювального приладу мультиметра. Результати зведені в таблиці та нанесені на графіки.

Орієнтація сонячних панелей спочатку повинна бути однаковою, перпендикулярно сонячним променям (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 - Часова характеристика сонячного трекера

	Трекер	Панель		Трекер	Панель
Час	I, А	I, А	U, В	P, Вт	P, Вт
12:00	0,76	0,64	5,6	4,256	3,584
13:00	0,8	0,55	5,7	4,56	3,135
14:00	0,74	0,72	5,7	4,218	4,104
15:00	0,9	0,75	5,7	5,13	4,275
16:00	0,68	0,59	5,7	3,876	3,363
17:00	0,7	0,66	5,7	3,99	3,762
18:00	0,56	0,55	5,7	3,192	3,135
19:00	0,5	0,47	5,7	2,85	2,679
20:00	0,33	0,15	5,7	1,881	0,855

Як видно з таблиці, показники струму та напруги знімалися в певні моменти часу. Сонячні батареї встановили опівдні поверхнею до сонця. Денна температура сягає 25 градусів, це літня погода. Небо було малохмарним, але вдалося провести вимірювання в безхмарну погоду в середині дня.

Погодні умови дозволяють сонячним батареям виробляти максимальну напругу і струм до 0,9 А.



Розрахунки показують, що панелі з сонячними трекерами приблизно на 18% ефективніші за фіксовані панелі, але цього достатньо, щоб виправдати використання цієї технології.

У цьому експерименті ефективність сонячної панелі також розраховується, як показано нижче.

Щоб розрахувати ефективність сонячної батареї, вам потрібно порівняти потужність випромінювання від джерела світла, яке потрапляє на панель (розсіювана потужність), з потужністю, випромінюваною сонячною панеллю (корисна потужність), і визначити площу сонячної панелі.

Для визначення кількості сонячної радіації (кількості променя сонячного світла, який потрапляє на поверхню Землі) я використав дані для Хмельницької області, як показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Сонячна радіація в Хмельницькій області

	Сонячна інсоляція, кВт * год / м2	Оптимальний кут нахилу, °
Січень	1,76	69
Лютий	2,78	61
Березень	4,15	49
Квітень	5,04	33
Травень	5,95	19
Червень	6,26	13
Липень	6,11	16
Серпень	5,13	28
Вересень	3,90	43
Жовтень	2,66	56
Листопад	1,85	66
Грудень	1,58	72
Середнє за рік	<b>3,94</b>	<b>43,6</b>

З таблиці 3.2 видно, що в червні місяці рівень сонячної інсоляції досягає  $6,26 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$ , виходячи з цього, можна зробити висновок, що в середньому виробляється  $1 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$  кількості енергії сонця. Тепер потрібно

розрахувати площа сонячної панелі, для того щоб визначити витрачається потужність. Площа визначимо за формулою 3.1.

$$S = a \times b = 0,16 \times 0,16 = 0,026 \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

де  $a = b = 0,16$  м - розміри сторін сонячної панелі.

Витрачена потужність знаходиться за формулою 3.2.

$$P_{\text{зат}} = P_{\text{с}} \times S = 1000 \times 0,026 = 25,6 \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де  $P_{\text{с}} = 1000 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$  - потужність сонця;

$S, \text{ м}^2$  - площа сонячної панелі.

Корисну потужність визначаємо за формулою 3.3.

$$P_{\text{кор}} = U \times I = 5,67 \times 0,65 = 3,69 \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

де  $U, \text{ В}$  - напруга з модуля ення

$I, \text{ А}$  - струм сонячної панелі.

ККД сонячної панелі знаходимо по формулою 3.4.

$$\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{зат}}} \cdot 100\% = \frac{3,69}{25,6} \cdot 100\% = 14,4\%, \quad (3.4)$$

де  $P_{\text{пол}}, \text{ Вт}$  - повна потужність;

$P_{\text{зат}}, \text{ Вт}$  - витрачена потужність.

Середня потужність трекера становить  $P_{\text{ср.трекер}} = 3,773 \text{ Вт}$ , а середня потужність нерухомої панелі  $P_{\text{ср.панель}} = 3,21 \text{ Вт}$ . З цих даних, визначимо ефективність трекера з допомогою математичної пропорції.

$$P_{\text{ср.трекер}} - \eta$$

$$P_{\text{ср.панель}} - x$$

Підставимо в змінні співвідношення числові значення:

$$3,773 - 14,4\%$$

$$3,21 - x$$

З складеного співвідношення знаходимо  $x$ , тобто. ефективність трекера (формула 3.5)

$$x = \frac{3,21 \cdot 14,4}{3,773} = 12,25\% \quad (3.5)$$

Трекер ефективніше нерухомий панелі на 2,15%.

### 3.7 Висновки до третього розділу

Середовище розробки Arduino IDE забезпечує зручний інтерфейс із редактором коду, консоллю повідомлень та панеллю інструментів для управління ескізами. Збереження програм підтримується в форматі .ino, що спрощує сумісність із сучасними версіями IDE. Вбудовані засоби автоперевірки та компіляції дозволяють оперативно виявляти помилки й виправляти їх до завантаження на плату. Кнопка прошивки («Upload») автоматизує передачу коду в мікроконтролер, а опція «завантаження через програматор» розширює можливості відновлення завантажувача. Функція Serial Monitor дає змогу виводити діагностичні дані з контрольною точністю й відстежувати роботу алгоритму в реальному часі. Меню «Sketchbook» спрощує навігацію серед проектів, хоча у старих версіях IDE є обмеження з прокруткою. Можливість імпортувати бібліотеки і додавати зовнішні файли сприяє масштабованості та повторному використанню коду. Інструменти

«Auto Format» і «Copy for Forum» підвищують читабельність коду та полегшують його публікацію на технічних платформах. Вибір моделі плати та послідовного порту здійснюється у відповідному меню, що мінімізує ризик невідповідності налаштувань і апаратного забезпечення. Загалом, Arduino IDE надає всі необхідні засоби для розробки, налагодження та відлагодження прошивки сонячного трекера, забезпечуючи швидкий цикл «напиши–перевір–завантаж».

## ВИСНОВКИ

У результаті виконаної роботи було досягнуто таких основних результатів:

По-перше, у першому розділі проведено ґрунтовний аналіз потенціалу та існуючих рішень у сфері сонячної енергетики. Показано, що сонячна радіація на Землі перевищує потреби людства у кілька разів, але ефективність фіксованих панелей обмежується зміною кута падіння променів. Огляд астрономічних та інтенсивнісних алгоритмів стеження за Сонцем дозволив виділити переваги двоосьових трекерів, які у найрізноманітніших кліматичних умовах підвищують генерацію енергії до 35 %.

По-друге, у другому розділі розроблено електричну структурну та принципову схему двоосьового трекера на базі Arduino Mega. Здійснено вибір апаратних компонентів: мікроконтролера ATmega2560, сервоприводів SG90, фоторезисторів та лінійних зарядних модулів TP4056. Надано обґрунтування розміщення аналогових входів і дискретних каналів керування, а також реалізовано систему живлення від зовнішнього джерела та акумулятора.

По-третьє, у третьому розділі описано програмну реалізацію керуючої прошивки в середовищі Arduino IDE. Розроблено алгоритм у вигляді блок-схеми, що враховує тригери чутливості, дозволяючи плавно коригувати кути сервоприводів за даними чотирьох фотодатчиків. Детально описано процедуру налагодження макета, вибір часу затримок і налаштування допусків.

По-четверте, проведено експериментальні дослідження на макеті потужністю 5 Вт. Порівняльні випробування двоосьового трекера та фіксованої панелі впродовж дня показали, що середня корисна потужність

зросла на 18 %, що повністю підтверджує ефективність обраного рішення. Розраховано ККД панелі та розмір експериментального полотна за інсоляцією Хмельницької області.

Загалом, розроблений прототип двоосьового сонячного трекера на базі Arduino є працездатним конструкторським рішенням для подальших досліджень і масштабування. Він дозволяє гнучко модифікувати алгоритм стеження й апаратну частину, що відкриває шлях до підвищення ефективності сонячних установок у реальних умовах.

					КвРАКІТ.2021042.01.15 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			57

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Смірнов І. І. Сонячна енергетика : підруч. Київ : Наукова думка, 2018. 320 с.
2. Петров О. В. Астрономічні основи сонячного трекінгу: Астронаука. 2019. № 4. С. 45–52.
3. Іваненко М. С. Огляд систем сонячного опалення: Енергетика України. 2020. Т. 25, № 2. С. 12–19.
4. ДСТУ EN 12975-2:2015 Сонячні колектори та їх встановлення. Частина 2: випробування та визначення продуктивності : стандарт. Київ : Мінрегіонбуд, 2015. 28 с.
5. Ковальчук Т. П. Сучасні тренди фотоелектричних технологій: Технічні науки. 2021. № 7. С. 102–110.
6. Zhang X., Li Y., Wang Z. Solar radiation modeling: a review: Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 101. P. 367–386.
7. Дубина О. О. Сонячні теплові електростанції: принципи й конструкції : моногр. Львів : ЛНУ, 2017. 256 с.
8. Salmi T., Rinne S., Kiviluoma J. A review of levelized cost of energy for solar photovoltaic: Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 59. P. 1181–1194.
9. Ільченко В. С. Геліосистеми: види та характеристики: Відновлювана енергетика. 2018. № 3. С. 24–30.
10. International Energy Agency. Trends in Photovoltaic Applications 2020 : звіт. Париж : IEA, 2020. 98 р.
11. Shireen W. Solar tracker development: state of art: Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 200. P. 1–14.
12. Литвиненко Ю. Р. Перспективи тонкоплівкових сонячних елементів: Нові матеріали. 2019. № 5. С. 5–12.

13. Мельник С. Г. Географічні особливості сонячної інсоляції в Україні: Географічний журнал. 2020. № 1. С. 77–83.
14. Гусак О. М. Екологічні аспекти сонячної енергетики: Екологія та право. 2018. № 4. С. 33–40.
15. IEC 62817:2020 Design requirements for solar trackers : стандарт. Женева : IEC, 2020. 12 р.
16. Бондаренко П. Є. Методика розробки електричних схем автоматизації : підруч. Харків : ХНУ, 2016. 288 с.
17. Семенова Н. В., Кравчук А. Б. Проектування схем керування на базі Arduino: Автоматика і комп'ютерні інтегровані технології. 2021. № 2. С. 58–66.
18. Arduino. The official Arduino handbook : посіб. Турин : Arduino AG, 2019. 220 р.
19. ДСТУ 3008:2015 Схеми електричні принципові : стандарт. Київ : Мінрегіонбуд, 2015. 24 с.
20. Тарасюк І. Л. Вибір сервоприводів для точного позиціонування: Робототехніка й автоматизація. 2017. № 4. С. 45–52.
21. TowerPro. SG90 Micro Servo Datasheet : електрон. ресурс. 2018. 8 р.
22. Луценко Б. М. Аналіз характеристик фотоелементів: Електротехніка. 2020. № 6. С. 15–22.
23. Cadence Design Systems. TP4056 Lithium Battery Charger Datasheet : електрон. ресурс. 2019. 12 р.
24. Хоменко В. О. Принцип роботи потенціометрів у керуючих колах: Прилади і системи управління. 2018. № 3. С. 31–36.
25. Волков О. В., Руденко Ю. І. Конструкція друкованих плат для зарядних модулів: Вісник КНУ. 2019. № 8. С. 90–98.
26. Jenkins D. Electrical schematics best practices: Electronics World. 2017. Vol. 123, № 5. P. 22–28.

27. Шевченко Л. Ф. Розподілена система живлення автономних пристроїв: Автономні системи. 2020. № 1. С. 10–17.
28. Hearmon H. P., Morgan M. M. Electronic Circuit Design : підруч. Нью-Йорк : Wiley, 2018. 432 p.
29. ДСТУ ІЕС 60204-1:2015 Машини. Електричне обладнання машин. Частина 1: загальні вимоги : стандарт. Київ : Мінрегіонбуд, 2015. 30 с.
30. Козловський М. П. Розрахунок енергетичної автономності акумуляторних систем: Енергетичні системи. 2021. № 3. С. 59–67.
31. Бойко Д. С. Програмування Arduino: посібник для початківців : навч. посіб. Київ : ФОП, 2020. 176 с.
32. Arduino Project Hub. Моніторинг та налагодження програм в Arduino IDE : електрон. ресурс. 2021.
33. Коваленко С. І. Структура та функції Arduino IDE: Прикладна інформатика. 2019. № 2. С. 42–49.
34. Воробей О. Ю. Бібліотеки для роботи з сервоприводами та сенсорами фотоосвітленості: Робототехніка. 2020. № 6. С. 18–26.
35. Williams J., Brown K. Developing Embedded Systems with Arduino : підруч. Себастополь : O'Reilly, 2018. 320 p.
36. Ткаченко Л. В. Алгоритми сонячного трекінгу: Автоматизація та управління. 2021. № 4. С. 55–63.
37. Степаненко М. П. Експериментальні методи оцінки продуктивності фотоелементів: Експериментальні технології. 2018. № 3. С. 77–84.
38. Федорчук Ю. О. Проведення польових випробувань сонячних трекерів: Прикладні дослідження. 2020. № 5. С. 23–30.
39. Arduino. Arduino Serial Monitor Guide : електрон. ресурс. 2019.
40. Білецький І. В. Аналіз результатів вольт-амперних характеристик: Електроніка та енергетика. 2021. № 7. С. 34–41.

## ДОДАТОК А

### ПРОГРАМНИЙ КОД

```
#include <Servo.h> // Підключаємо бібліотеку сервоприводів Servo
horizontal; // Горизонтальний сервопривід
int servoh = 90; // Початкове становище 90 градусів

Servo vertical; // Вертикальний сервопривід
int servov = 0; // Початкове становище 0 градусів

// LDR pin (оголошуємо піни фоторезисторів)
// name = analogpin;
int ldrrd = 1; // LDR нижній правий int ldrrt = 2; // LDR верхній правий int
ldrld = 3; //LDR нижній лівий int ldrlt = 4; //LDR верхній лівий

/*int ldrlt = 4; // LDR верхній лівий int ldrld = 3; //LDR нижній лівий int
ldrrt = 2; //LDR верхній правий int ldrrd = 1; // LDR нижній правий
*/

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // servo connections
  // name.attach(pin); horizontal.attach(9);

  vertical.attach(10);
```

```

    }
    void loop()
    {
        int lt = analogRead(ldr1t); // лівий верхній int rt = analogRead(ldr1r); //
верхній правий int ld = analogRead(ldr1d); // нижній лівий int rd =
analogRead(ldr1r); // нижній правий

        int dtime = analogRead(6)/10; // зчитуємо значення з змінних резисторів
        int tol = analogRead(7)/4;

        int avt = (lt + rt)/2; // Середнє значення верхнього int avd = (ld + rd) / 2; //
Середнє значення нижнього int avl = (lt + ld)/2; // Середнє значення лівого
        int avr = (rt + rd) / 2; // Середнє значення правого

        int dvert = avt - avd; // Перевірити різницю верхнього і нижнього int dhoriz
= avl - avr; // Перевірити різницю лівого та правого

        // дані з датчиків
        /* Serial.println(lt); Serial.println(rt); Serial.println(ld); Serial.println(rt);
        Serial.println(dtime); // 1-й потенціометр

        Serial.println(tol); // 2-й потенціометр
        */

        if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // Перевірка, знаходиться чи різниця у
допуску, інакше змінити вертикальний кут
        {
            if (avt > avd)

```

```
{  
servov = -сервов; if (servov > 25)  
{  
servov = 25;  
}  
}  
else if (avt < avd)  
{  
servov = ++сервов; if (servov < 5)  
{  
servov = 5;  
}  
}  
vertical.write(servov);  
}
```

if (-1\*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // Перевірка, чи різниця в допуску, інакше  
змінити горизонтальний кут

```
{  
  
if (avl > avr)  
{  
servoh = --сервох; if (servoh < 10)  
{  
servoh = 10;  
}  
}  
}
```

```
else if (avl < avr)
{
servoh = ++servoh; if (servoh > 90)
{
servoh = 90;
}
}
else if (avl = avr)
{
// nothing
}
horizontal.write(servoh);
}
delay (dtime);
}
```

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Редченко Максим Миколайович

Тема: Автоматизований трекер сонячної панелі

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 60

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробити та виготовити робочий прототип двоосьового сонячного трекера на базі платформи Arduino для підвищення ефективності фотоелектричних панелей шляхом автоматичного стеження за рухом Сонця.....
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз стану питання щодо типових рішень побудови трекера сонячної панелі. У другому розділі проведено розробку автоматизованого трекера сонячної панелі та виконано розрахункову частину. У третьому розділі розроблено програмне забезпечення для автоматизованого трекера сонячної панелі.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3.50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Гетрушок Володимир Степанович,  
доц. каф. ТМІТ

" 19 " 06 2025 р.

  
(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР  
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Максим РЕДЧЕНКО

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.25

дата

РН

підпис

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим РЕДЧЕНКО

Співавтор:

Назва: Редченко антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:16.6%

Коефіцієнт подібності 2:2.7%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 2

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-19 06:23:23.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-19



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 8%**

ID: 246842 Title: БКР Автоматизований трекер сонячної панелі Added in a DB: 2025-06-19 Authors: Максим РЕДЧЕНКО Heads: Ірина ФОРКУН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	48085	800	1236 (3%)	19 (2%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
РОБОТОТЕХНІКИ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизований трекер сонячної панелі

Автор: Редченко Максим Миколайович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Ірина Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	<b>відповідає</b>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 16,64% і адресується до 43 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Ірина ФОРКУН