

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення телекомунікацій та електронних систем
(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії
(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка системи слідування за сонцем для сонячної панелі**

Виконав: студент VI курсу, групи КІБ-602

Спеціальності:

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Перч Володимир

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник _____

(підпис)

Недошитко Андрій

(ім'я та прізвище)

Рецензент _____

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Тернопіль – 2023

Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія комп'ютерної інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії

Андрій ЮЗЬКІВ

“01” травня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Перч Володимир Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: Розробка системи слідкування за сонцем для сонячної панелі

керівник роботи: Недошитко Андрій Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 1.05.2023р. № 4/9-173

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 21.06.2023р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

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

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи.....	12
1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень	15
2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ	18

2.1. Аналіз технічного завдання кваліфікаційної роботи.....	18
2.2. Розробка структурної схеми пристрою.....	19
2.3. Розробка функціональної схеми пристрою	21
2.4. Опис і обґрунтування вибору елементної бази	25
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Розробка інструкції з експлуатації сонячного трекера.....	42
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	44
4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	44
4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	45
4.3. Розрахунок матеріальних витрат	47
4.4. Розрахунок витрат на електроенергію	49
4.5. Визначення транспортних затрат	49
4.6. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	49
4.7. Обчислення накладних витрат	50
4.8. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР.....	50
4.9. Розрахунок ціни НДР.....	51
4.10. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень.....	52
5. ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ.....	54
5.1. Відомчий та адміністративний контроль охорони праці	54
5.2. Розрахунок системи штучного освітлення з люмінісцентними лампами в приміщенні для розробки системи	56
ВИСНОВОК.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТКИ.....	65
Додаток А. Код для керування роботи мікропристроями.....	65

Висновки: навести результати роботи по кожному розділу зокрема і загальний висновок по кваліфікаційній роботі

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА викладач		
Охорона праці, техніка безпеки та екологічні вимоги	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	02.05	
2	Збір і узагальнення інформації по роботі	15.05	
3	Написання першого розділу	24.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	29.05	
5	Написання спеціального розділу	2.06	
6	Розрахунок економічної частини	5.06	
7	Написання розділу охорони праці	7.06	
8	Виконання графічної частини	12.06	
9	Оформлення проекту	16.06	
10	Проходження нормоконтролю	19.06	
11	Попередній захист роботи	21.06	
12	Захист роботи		

7. Дата видачі завдання 2.05.2023р.

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

(підпис)

Перч Володимир

(ім'я та прізвище)

Недошитко Андрій

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі була поставлена задача по створенню сонячного трекеру. Основними вимогами до проекту є надійність, запас швидкості передачі даних, стійкість до умов зовнішнього середовища.

Для реалізації заданого алгоритму роботи сонячного трекеру необхідні наступні функціональні блоки: блок збору показань, блок обробки показань, пристрій відображення інформації. Датчики потрібні для виміру фізичних величин, значення яких потрібно постійно аналізувати. Система узгодження представляє собою драйвер для роботи серводвигунів.

Сонячні трекери вигідні в першу чергу для невеликих сонячних електростанцій, які не розташовані в місцях з високою штормовою активністю. Встановлення фотопанелі на сонячний трекер здатне підвищити рівень виробітку електроенергії на 30-40 відсотків.

Кваліфікаційна робота складається з п'яти розділів. У першому розділі кваліфікаційної роботи сформовано технічне завдання на проектування складових частин сонячного трекеру. Крім того наведено вимоги до апаратного та програмного забезпечення. Описано основні етапи проектування локальної мережі.

У другому розділі наведено перелік технічного та програмного забезпечення з обґрунтуванням його вибору.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи розроблено інструкції з встановлення, налаштування та експлуатації проекту.

У четвертому, економічному розділі, зроблено розрахунок вартості проекту та робіт з її проектування.

Кваліфікаційна робота має пояснювальну записку і графічну частину. Графічна частина проекту складається з 6 аркушів формату А1, пояснювальна записка складається з 68 аркушів, містить: 14 рисунків, 8 таблиць та додатки.

ANNOTATION

This qualification work aimed to develop a solar tracker. The main requirements for the project were reliability, data transmission speed, and environmental resistance.

To implement the algorithm of the solar tracker, the following functional blocks were necessary: data collection block, data processing block, and information display device. Sensors were required to measure physical quantities that needed constant analysis. The coordination system consisted of servo motor drivers.

Solar trackers are particularly advantageous for small solar power plants located in areas with low storm activity. Installing solar panels on a solar tracker can increase electricity production by 30-40%.

The qualification work consists of five sections. The first section defines the technical task for designing the components of the solar tracker and specifies the requirements for hardware and software. The main stages of designing the local network are described.

The second section provides a list of technical and software equipment with justification for their selection.

The third section presents instructions for installation, configuration, and operation of the project.

In the fourth section, the economic analysis calculates the cost of the project and the associated design work.

The qualification work includes an explanatory note and a graphical part. The graphical part of the project consists of 6 A1-sized sheets, while the explanatory note consists of 68 sheets, including 14 drawing, 8 tables, and applications.

ЗМІСТ

ЗМІСТ 7

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ 9

ВСТУП 10

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 12

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи 12

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень 15

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ 18

2.1 Аналіз технічного завдання кваліфікаційної роботи 18

2.2 Розробка структурної схеми пристрою 19

2.3 Розробка функціональної схеми пристрою 21

2.4 Опис і обґрунтування вибору елементної бази. 25

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 42

3.1 Розробка інструкції з експлуатації сонячного трекера 42

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ 44

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР 44

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи 45

4.3 Розрахунок матеріальних витрат 47

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію 49

4.5 Визначення транспортних затрат 49

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань 49

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ			
Розроб.		Перч В.І.			Розробка системи слідкування за сонцем для сонячної панелі Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Недошитко А.Г.						68
Реценз.						ВСП ТФК ТНТУ ім. І.Пулюя		
Н. Контр.		Приймак В.А.						
Затверд.								

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ

IEEE - міжнародна організація інженерів в області електротехніки, радіоелектроніки і радіоелектронній промисловості. Світовий лідер в області розробки стандартів з електроніки та електротехніки. Штаб квартира організація знаходиться у Лондоні.

ФЕП - фотоелектричний перетворювач, це електричний пристрій, який діє як перетворювач, і служить для перетворення частини світлової енергії у електричну за допомогою фотоелектричного ефекту.

ФЕМ - це прості групи фотоелектричних елементів, які взаємопов'язані.

I2C / ІІС (Inter-Integrated Circuit) - це протокол, що створювався для зв'язку інтегральних мікросхем всередині електронного пристрою.

UART (universal asynchronous receiver/transmitter — універсальний асинхронний приймач/передавач) — тип асинхронного приймача-передавача, компонентів комп'ютерів та периферійних пристроїв, що передає дані між паралельною та послідовною формами.

ТТЛ (transistor-transistor logic — транзистор-транзисторна логіка) — перша широко поширена технологія виготовлення напівпровідникових інтегральних схем.

ARM - це архітектура 32-бітових RISC-процесорів,

RISC-архітектура – це архітектура зі скороченим набором команд.

RTC – це модуль високоточного годинника реального часу.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						3

ВСТУП

В теперішній час майже у всіх сферах людської життєдіяльності використовується енергія, причому з кожним роком потреби в ній збільшуються. Поміж тим традиційні запаси природних палив (нафти, вугілля, газу та ін.) є вичерпними. І у зв'язку з цією проблемою, використання нетрадиційних джерел енергії стає все більш необхідним. В першу чергу це сонячна, вітрова, геотермальна енергія, які наразі вважаються невичерпними.

Серед відновлюваних джерел енергії найбільш перспективною за масштабами ресурсів та екологічною чистотою є сонячна радіація.

Використання сонячної енергії для виробництва електроенергії в Україні набуває великої популярності: розвиток сонячної енергетики віднесено до пріоритетних національних проектів, а осінню 2010 року було введено в експлуатацію першу сонячну електростанцію України. Станом на початок 2018 року потужність побудованих сонячних електростанцій в Україні складає вже більше 752 МВт[39].

Метод прямого перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію є, по-перше, найбільш зручним для споживача, по-друге, цей метод вважається екологічно чистим способом одержання електроенергії на відміну від використання палива, ядерної сировини чи гідроресурсу.

Але в отриманні сонячної енергії є як «плюси» так і «мінуси». Метеорологічні фактори відіграють велику роль. Також суттєвим недоліком є досить висока вартість сонячних елементів, а також відносно невисоку ефективність у плані окупованості вкладених коштів. Не дивлячись на це з кожним роком попит на сонячні електростанції в Україні тільки росте і відповідно ціни на сонячні елементи різко знижуються. В зв'язку з цим актуальним питанням функціонування сучасних «сонячних ферм» стає проблема їх технічної підтримки та обслуговування.

Досвід використання сонячних панелей показав, що інтенсивний нагрів фотоелементів відчутно знижує ефективність системи в цілому, тому потрібно

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						4

передбачати вирішення охолодження модулів. Також сонячні батареї необхідно періодично чистити від пилу і бруду, а в разі роботи з установкою площею кілька квадратних кілометрів з очищенням можуть виникнути значні труднощі[40]. Проте основна проблема сонячної енергії полягає в тому, що вона безпосередньо залежить від інтенсивності світла. Для отримання максимальної кількості енергії сонячна панель повинна бути перпендикулярною до джерела світла. Оскільки сонце рухається як протягом дня, так і протягом усього року, сонячна панель повинна бути мати можливість стежити за рухом сонця, щоб отримати максимально можливу потужність. Рішення полягає у використанні системи стеження, яка підтримує ортогональне положення панелі з джерелом світла[40]. Існує багато конструкцій системи стеження, включаючи пасивні та активні системи з однією або двома осями свободи.

Таким чином може скластися враження, що в сонячній технології видобутку енергії є цілий ряд недоліків, проте технологічний прогрес не стоїть на місці і тому вирішення цих недоліків лише питання часу.

Отже, метою кваліфікаційної роботи, є вирішення однієї з проблем технології видобутку енергії, а саме збільшення кількості отриманої енергії за рахунок розробки системи автоматичного позиціонування елементів сонячної батареї в найбільш ефективне положення.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	5

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обґрунтування актуальності теми кваліфікаційної роботи

Згідно з прогнозом Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE), сонячна енергетика може стати конкурентною традиційній енергетиці, заснованій на викопних паливах. Сонячна енергетика має значний потенціал, оскільки лише використання 0,0125% енергії Сонця здатне задовольнити потреби світової енергетики, а використання 0,5% може покрити всі потреби на майбутнє[2].

Проте на сьогоднішній день існують дві основні проблеми, які утруднюють повну конкуренцію сонячної енергетики з викопними джерелами енергії. Перша проблема полягає у високій вартості сонячних елементів, а друга - у відносно низькому коефіцієнті корисної дії.

Середнє значення коефіцієнта корисної дії в сонячних батареях з монокристалічного кремнію на сьогоднішній день становить приблизно 15-20%. Проте ці значення актуальні лише влітку, ополудні, і при прямому падінні сонячного випромінювання на панелі. У реальних умовах, коли Сонце рухається від сходу до заходу, змінюється кут падіння випромінювання та його інтенсивність. Тому для зменшення впливу цих факторів використовується система автоматичного позиціонування сонячних панелей, що значно підвищує енергетичну користь сонячного випромінювання.

На сьогоднішній день криза в галузі енергетики є однією з головних проблем світу. Традиційні енергетичні ресурси є вичерпними і завдають шкоду навколишньому середовищу. Тому саме ці фактори сприяють популяризації використання відновлюваних джерел енергії.

З розвитком сучасних технологій та зростанням населення зростає потреба у використанні електричної енергії. Сонячна енергетика є перспективною галуззю альтернативних джерел енергії, яка активно розвивається в останні роки. Вона

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						6

вважається нескінченним джерелом, оскільки має два головні переваги: відновлювальний ресурс та повністю екологічно чисту електроенергію, яка не шкодить навколишньому середовищу.

Сонце є джерелом електричної енергії безмежної потужності, і його енергію можна отримувати за допомогою сонячних фотоелектричних елементів, які перетворюють світлову енергію на електричну енергію за допомогою фотоелектричного ефекту. Однак перетворення звичайної фотоелектричної комірки має низьку ефективність. Основна причина цієї проблеми полягає в тому, що потужність фотоелементів прямо залежить від інтенсивності світла, яке поглинається панеллю, а оскільки Сонце постійно змінює своє положення, ефективність поглинання статичними сонячними панелями буде значно нижчою, ніж максимальна, яка може бути досягнута при прямому падінні променів під прямим кутом на поверхню[22].

Для ефективної сонячної електростанції необхідно глибоко зрозуміти принцип роботи фотоелектричних панелей. Панелі сонячних батарей складаються з сонячних елементів, які можуть бути з'єднані паралельним або послідовним з'єднанням. При послідовному з'єднанні загальна напруга збільшується, тоді як паралельне з'єднання збільшує загальний струм. Сонячні елементи, як правило, виготовляються з кристалічного кремнію, але також можуть використовуватися інші матеріали, такі як стрічка і тонкоплівковий силікон.

Фотоелектричні перетворювачі, також відомі як сонячні елементи або сонячні комірки, є напівпровідниковими пристроями, які перетворюють сонячне випромінювання в електричний струм. Існує безліч способів перетворення сонячної енергії на електричну, які можуть відрізнятися фізичними принципами і технічною реалізацією. Найбільш ефективними є фотоелектричні напівпровідникові перетворювачі, які використовуються для перетворення сонячної енергії, оскільки вони мають прямий перехід енергії.

На ринку сонячних систем наземного установлення переважну частку займають кристалічні кремнієві елементи, що становить приблизно 80-85% від загального обсягу світового ринку. Тонкоплівкові сонячні елементи, такі як CdTe,

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	7
--	--	--	--	--	------------------------------	---

складають набагато менший відсоток - близько 10%. Тому ми розглянемо виробництво кристалічних кремнієвих фотоперетворювачів, як найбільш поширених компонентів сонячних батарей у сучасній альтернативній енергетиці[4].

Сонячні батареї поглинають сонячне випромінювання від сонця і ефективно перетворюють його на електроенергію. Вони складаються з кількох сонячних елементів, які можна розглядати як великі акумуляторні батареї. Сонячні панелі є основною складовою частиною фотоелектричних систем різного призначення[5]. Використання сонячних батарей має кілька переваг: стабільні електричні характеристики, висока зносостійкість, нерухомість їх частин, що підвищує стійкість конструкції та полегшує обслуговування.

Фотоелектричні комірки складаються з шаруватого кремнію, який легують різними елементами, щоб створити р-п-перехід. Внутрішня область контакту між р-типом і п-типом у монокристалічному напівпровіднику дозволяє переходу провідності від одного типу до іншого. Фотоелектричні комірки можна моделювати як джерела постійного струму, оскільки вони створюють струм під дією фотонів, які поглинаються панелями. Кількість струму, що генерується фотоелектричною панеллю, залежить від інтенсивності поглинання світла.

Сонячні панелі досягають оптимальної ефективності, коли сонячні промені падають перпендикулярно до їх поверхні. Якщо промінь падає під іншим кутом, то кількість згенерованого струму сонячною панеллю зменшується, що впливає на загальну потужність, що виробляється сонячною електростанцією.

Для досягнення максимальної потужності сонячної панелі необхідно, щоб сонячне світло падало на неї під прямим кутом, вздовж її нормалі. У той час, коли сонячне світло падає перпендикулярно до поверхні панелі, жодна потужність не генерується. Однак, протягом дня фіксована панель не знаходиться в постійному перпендикулярному положенні до сонячних променів, що призводить до втрати потужності.

Система стеження може коригувати кут падіння сонячних променів, щоб панель завжди була спрямована на сонце протягом дня[6]. Це дозволяє максимізувати генеровану потужність сонячною електростанцією.

1.2 Аналітичний огляд існуючих рішень

Сонячна енергія стає все більш життєздатним джерелом енергії для промислових та побутових потреб. Ефективність сонячної системи залежить від доступності сонячного світла. Тому фотоелектричні системи відстеження положення Сонця є найкращими для збільшення сонячного опромінення, яке падає на фотоелементи.

Покращення ефективності та зниження витрат є головними цілями для забезпечення конкурентоспроможності автоматичних систем позиціонування. Механізм відслідковування положення Сонця повинен бути надійним, особливо при негативних метеорологічних умовах, і точно визначати положення Сонця. Важливо, щоб механізм стеження міг працювати навіть в хмарну погоду і повертав колектор у вихідне положення в кінці дня або протягом ночі.

У цьому напрямку багатьма дослідниками було запропоновано різні методи відстеження Сонця. Перший повністю механічний трекер був розроблений Фінстером у 1962 році. Пізніше Сааведра додав до нього автоматичне електронне керування. Положення Сонця визначалося за допомогою обчислювальної програми або сервоприводу, і система забезпечувала автоматичну орієнтацію поверхні фотоелемента.

З розвитком сонячної енергетики дослідники продовжують розробляти різноманітні прототипи систем стеження за сонцем і вдосконалювати їх для поліпшення продуктивності сонячних панелей. Далі будуть розглянуті лише деякі з них.

Перша система використовує датчики освітлення для оптимального позиціонування сонячної панелі у відношенні до Сонця. У схемі цього пристрою міститься мікросхема, яка складається з чотирьох аналогових компараторів -

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	9
--	--	--	--	--	------------------------------	---

підсилювача порушується, що активує механізм руху двигунів для налаштування положення сонячної панелі відносно Сонця. Цей процес працює протягом усього дня, постійно порівнюючи показники фоторезисторів. Ефективність такої схеми досягає 20-30% виробленої електроенергії (порівняно з системами без трекера). Важливим недоліком цієї схеми є недостатня ефективність в умовах хмарної погоди.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						11
2	4	М.С.	П.С.	П.		

2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1. Аналіз технічного завдання кваліфікаційної роботи

Сонячні батареї та трекерні системи використовуються у зовнішньому середовищі, тому при їх виборі необхідно враховувати умови експлуатації. Крім того, розмір майданчика для монтажу такої системи відіграє важливу роль при її виборі. На сучасному ринку існує великий вибір пропозицій різних типів стаціонарних і динамічних систем для установки фотоелектричних модулів (ФЕМ) у різних цінових діапазонах.

Запропоновані системи можна розподілити на два основних типи - статичні і динамічні, що подробиці описані в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Типи динамічних сонячних трекерів.

Типи сонячних трекерів				
Одноосьові сонячні трекери			Двоосьові сонячні трекери	
1			2	
Трекери з вертикально-орієнтованою віссю VSAT	Трекери з горизонтально-орієнтованою віссю HSAT	Трекери з похилою віссю обертання TSAT	Висотно-азимутальний трекер	Трекер з полярно орієнтованою віссю PSAT

Статичні стаціонарні системи - це системи, в яких фотоелектричні модулі закріплені нерухомо і мають фіксовану орієнтацію на південь під кутом, який забезпечує максимальний кут падіння сонячних променів (найближчий до 90 градусів).

Крім стаціонарних конструкцій для монтажу фотоелектричних модулів на землі, існують поворотні (динамічні) конструкції для систем стеження за сонцем - трекерні системи орієнтації. Використання трекерів дозволяє максимально ефективно налаштовувати активну поверхню сонячних панелей і значно збільшує

продуктивність енергії порівняно з фіксованим розміщенням на нерухомих металоконструкціях - до 30-40% [8].

Мобільні системи є одним підвидом динамічних конструкцій для фотоелектричних модулів, призначених для мобільного застосування. Вони повинні бути здатні швидко розгортатися і налаштуватися на сонце, а також бути компактними для зручного транспортування. Ці системи зазвичай виготовляються з алюмінієвого профілю, з використанням нержавіючої сталі для кріпильних елементів. Вони оснащені поворотними вузлами, які дозволяють змінювати геометрію конструкції та орієнтацію всієї системи або окремих елементів [8].

2.2. Розробка структурної схеми пристрою

Рисунок 2.1 відображає алгоритм роботи сонячного трекера.

Для реалізації цього алгоритму необхідні функціональні блоки, які представлені на структурній схемі пристрою (див. рис. 2.2).

Електронна система керування трекером автономної сонячної електростанції повинна включати наступні компоненти: блок збору показань, блок обробки показань та пристрій для відображення інформації.

Датчики в блоку збору показань використовуються для вимірювання фізичних величин, таких як освітленість сонячної панелі, значення яких потребують постійного аналізу.

Система узгодження представляє собою драйвер, який запускає роботу двигунів, відповідальних за рух сонячної панелі та розташування її у максимально перпендикулярному положенні до кута падіння сонячних променів.

Робочим механізмом є пара актуаторів, які виконують поворот платформи згідно сигналу від мікроконтролера.

Пристрій обробки даних є центральним вузлом розробленого пристрою, він відповідає за опитування датчиків, обробку отриманих даних, передачу їх на

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
2	4	6	8	10		13

пристрій відображення інформації, а також керування підключеним до нього навантаженням [9].

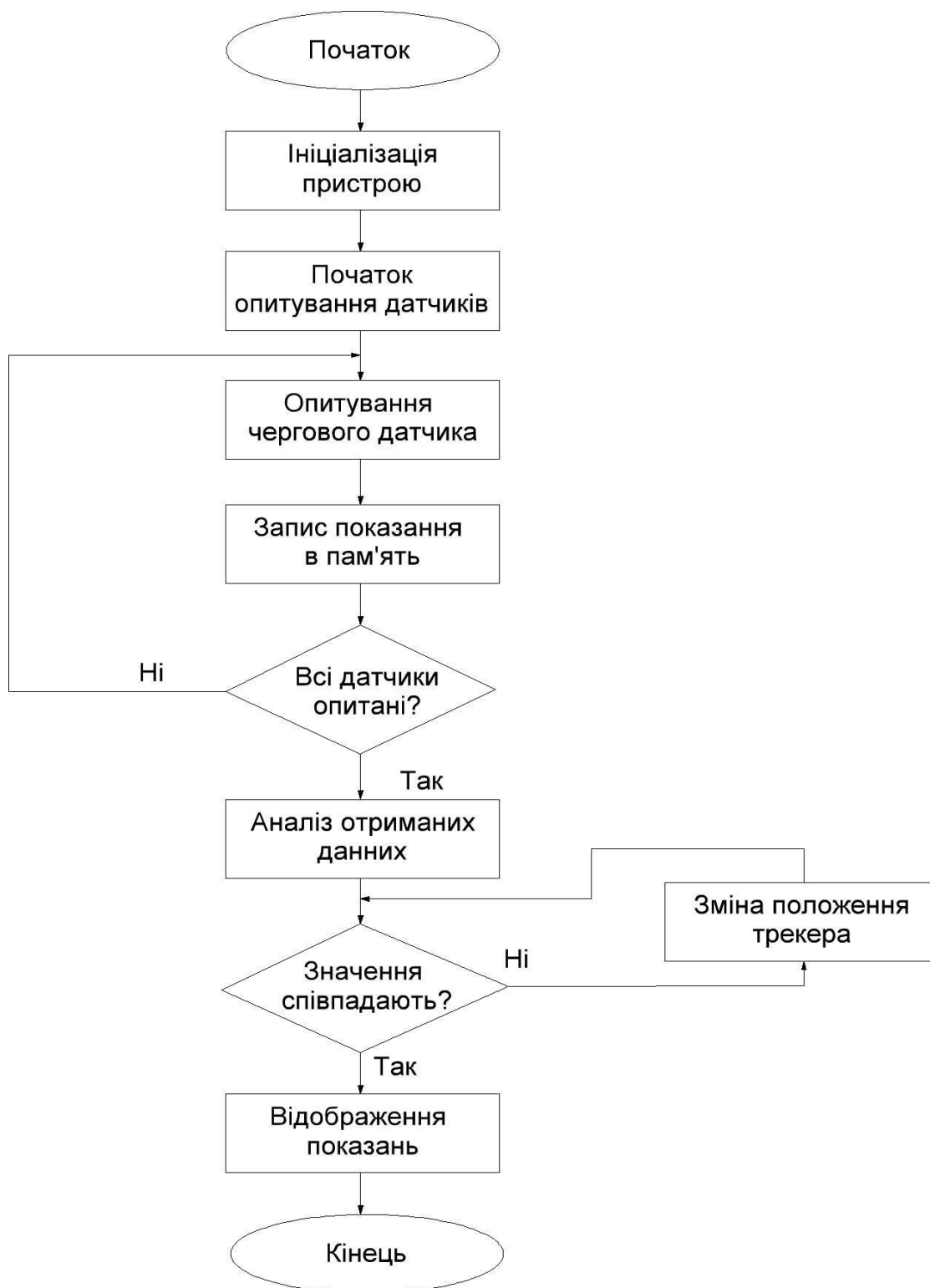


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму роботи пристрою

Як інтерфейс передачі даних між датчиками та мікроконтролером використовується інтерфейс I2C/ІІС (Inter-Integrated Circuit) - це протокол, який спочатку був створений для зв'язку інтегральних мікросхем всередині електронних пристроїв [10]. Цей протокол базується на використанні 8-бітної шини, яка використовується для зв'язку між блоками в керуючій електроніці, та системи адресації, що дозволяє спілкуватися по тим же дротам з декількома пристроями.

Проста схема I2C може включати один ведучий пристрій, яким найчастіше є мікроконтролер, і кілька приймаючих пристроїв, наприклад, дисплей LCD [10]. Кожен пристрій має свою унікальну адресу, яка може бути в діапазоні від 7 до 127. В одній схемі не повинно бути двох пристроїв з однаковою адресою.

Переваги роботи з I2C включають:

- Використання всього 2 ліній - SDA (лінія даних) і SCL (лінія синхронізації).
- Можливість підключення великої кількості приймаючих пристроїв.
- Зменшення часу розробки завдяки використанню одного мікроконтролера для управління всім набором пристроїв.
- Гнучкість в плані числа підключених мікросхем, обмеження визначається лише ємністю шини.
- Простота діагностики та налагодження збоїв, швидке виявлення проблем.

Недоліки включають:

- Ємнісне обмеження на лінії, обмеження становить 400 пФ.
- Ускладнене програмування контролера I2C, особливо при підключенні кількох різних пристроїв на шині.
- Ускладнення локалізації збоїв при великій кількості підключених пристроїв, особливо якщо один з пристроїв помилково встановлює низький рівень сигналу.

Інтерфейс RS-232 використовується як засіб передачі даних між комп'ютером та іншими пристроями. Цей інтерфейс відносно простий у реалізації

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						16

на апаратному рівні, має високу швидкість передачі даних та достатню надійність. Більшість сучасних мікроконтролерів підтримують RS-232 [11].

Інтерфейс RS-232-C використовується для з'єднання двох пристроїв. Лінія передачі першого пристрою з'єднується з лінією прийому другого (повний дуплекс), і навпаки.

RS-232C застосовується для підключення стандартних зовнішніх пристроїв (наприклад, принтерів, сканерів, модемів, мишей) до комп'ютера, а також для зв'язку між комп'ютерами. Головними перевагами RS-232C є можливість передачі на великі відстані та використання простого з'єднувального кабелю. Однак, робота з цим інтерфейсом вимагає деяких навичок. Дані в RS-232C передаються у послідовному коді побайтово. Кожен байт супроводжується стартовим та стоповим бітами [11].

Формат даних, що передаються, показаний на рисунку 2.3. Сами дані (5, 6, 7 або 8 біт) супроводжуються стартовим бітом, бітом парності та одним або двома стоповими бітами. Приймач отримує дані з лінії після отримання стартового біта за певними інтервалами часу. Важливо, щоб тактові частоти приймача та передавача були однаковими [11].

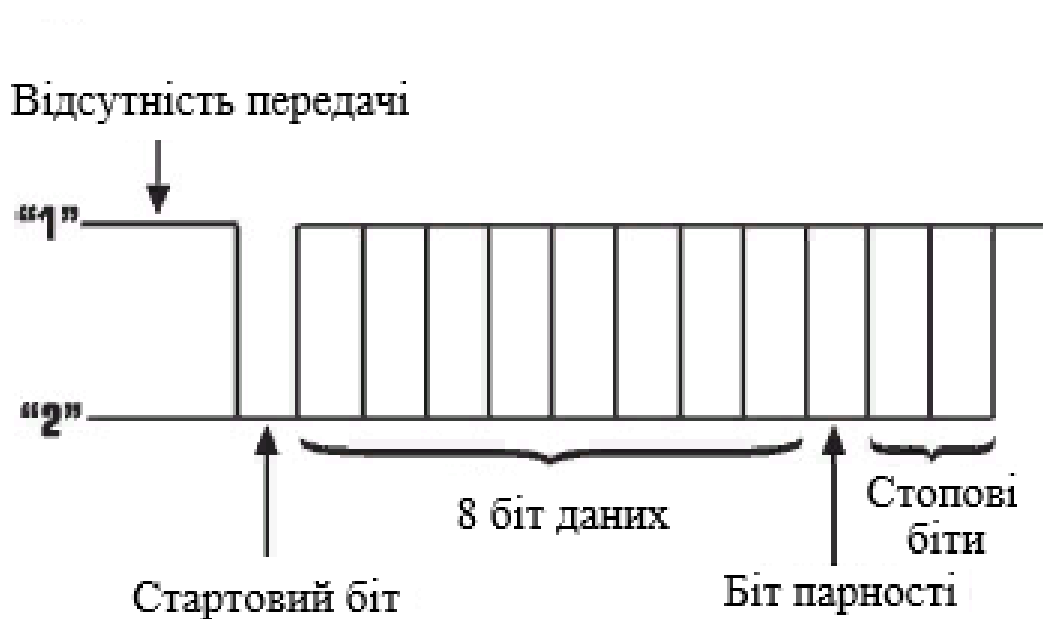


Рисунок 2.3 – Формат даних RS-232C

2.4. Опис і обґрунтування вибору елементної бази.

Вибір датчика освітленості.

Під час вибору датчика освітленості для автоматичного позиціонування елементів сонячної батареї, були враховані критерії точності вимірювання, надійності, витривалості та вартості. З погляду цих критеріїв, фоторезистори виявилися найбільш підходящими для даної задачі.

Фоторезистори є досить точними у вимірюванні рівня освітленості та добре пристосовані до роботи в зовнішньому середовищі. Вони мають високу надійність та довговічність, що дозволяє їм працювати в екстремальних умовах, таких як висока температура, вологість та ультрафіолетове випромінювання. Ці характеристики роблять фоторезистори ідеальним вибором для сонячних батарей, які постійно піддаються впливу навколишнього середовища.

Вартість фоторезисторів є відносно низькою, що робить їх економічно вигідними для масового виробництва сонячних батарей з автоматичним позиціонуванням. Ринок пропонує різні моделі та конфігурації фоторезисторів, що дає можливість вибрати оптимальний варіант для конкретного проекту.

Отже, після уважного аналізу ринкових варіантів, датчики освітленості на основі фоторезисторів були визнані найкращим вибором для автоматичного позиціонування елементів сонячної батареї. Їх поєднання високої точності вимірювання, надійності, витривалості та доступної вартості робить їх ідеальними компонентами для досягнення найбільш ефективного положення сонячних батарей та підвищення їх продуктивності.

Вибір мікроконтролера.

Прогрес технологічних процесів в світі нестачає на місці і спостерігається активний розвиток складних пристроїв, які швидко вводяться в виробництво, що призводить до зниження ціни мікроконтролерів на ринку. Останнім часом ARM мікроконтролери набувають популярності, і вони широко використовуються в різних пристроях. Використання RISC-архітектури (архітектури зі скороченим

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	19
--	--	--	--	--	------------------------------	----

набором команд) дозволяє ARM створювати ядра з невеликою кількістю транзисторів, що має позитивний вплив на енергоспоживання та ціну. Широке поширення цієї архітектури пояснюється тим, що компанія ARM спеціалізується на проектуванні процесорів та продажу ліцензій третім компаніям для використання їх технології. При цьому гарантується сумісність коду на рівні інструкцій процесора, тобто один і той же код буде працювати на мікроконтролерах різних виробників. Один з таких виробників - STMicroelectronics, чия лінійка STM32 базується на архітектурі Cortex-M [12].

Сьогодні мікроконтролери ARM Cortex-M є одними з найпопулярніших процесорів, які використовуються в розробці та виробництві електронної техніки. Їх висока обчислювальна потужність, широкий набір периферії та низька вартість роблять ці пристрої привабливими для широкого кола розробників.

При цьому кожен розробник може вибрати найбільш підходящий варіант для вирішення конкретних завдань. Виробники пропонують велику кількість різноманітних мікросхем, у яких спільним є тільки процесорне ядро [12].

Таблиця 2.2 наводить порівняння мікроконтролерів.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця параметрів розповсюджених мікроконтролерів.

Параметр	STM32F100C4T6B	ATmega48PA-PU	ATtiny13A-SSU
1	2	3	4
Середня ціна	15 грн.	30 грн.	18 грн.
Об'єм флеш пам'яті (ROM, пам'яті програм)	16 кБайт	4 кБайт	1 кБайт
Об'єм оперативної пам'яті (RAM, пам'яті даних)	4096 Байт	512 Байт	64 Байта
Тактова частота	24 МГц, 30 DMIPS	20 МГц	20 МГц
Ліній вводу/виводу	37	23	6
АЦП	16 каналів, 12біт	8каналів, 10біт	4 канали, 10біт

Плата STM32VLDISCOVERY має вбудовану підтримку апаратного рівня для протоколу I2C. Це означає, що пini PB6 і PB7 можуть використовуватись для підключення пристроїв за допомогою цього протоколу.

Особливості плати STM32VLDISCOVERY включають наступне:

- 32-бітне ядро Cortex-M3 з робочою частотою 24 МГц;
- flash-пам'ять програм розміром 128 КБ;
- об'єм оперативної пам'яті 8 КБ;
- підтримка інтерфейсів I2C, IrDA, LIN, SPI, UART/USART;
- наявність периферійних модулів DMA, PDR, POR, PVD, PWM, Temp Sensor, WDT;
- робоча температура в діапазоні -40 ... 85 °С;
- наявність 51 входу/виходу;
- наявність розширених функцій таймера та шести загального призначення таймерів;
- 16-канальний 12-бітний АЦП;
- двоканальний 12-розрядний ЦАП;
- напруга живлення від 2.0 В до 3.6 В.

Крім того, на платі є вбудований програматор ST-Link з наступними характеристиками:

- інтерфейс USB;
- перемикач для використання плати як окремого пристрою ST-Link;
- живлення можливе від USB-інтерфейсу або зовнішнього джерела.

Вибір системи відображення інформації.

Символьні дисплеї є зручними для виведення різноманітної текстової інформації через їх широке поширення та простоту використання. Більшість таких дисплеїв базуються на контролері HD44780, який дозволяє підключати їх до мікроконтролера за допомогою 4 або 8 ліній шини даних та 3 ліній управління. Контролер HD44780 приймає команди від мікроконтролера і виводить відповідні символи на рідкокристалічний дисплей (див. рис. 2.6).

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						22

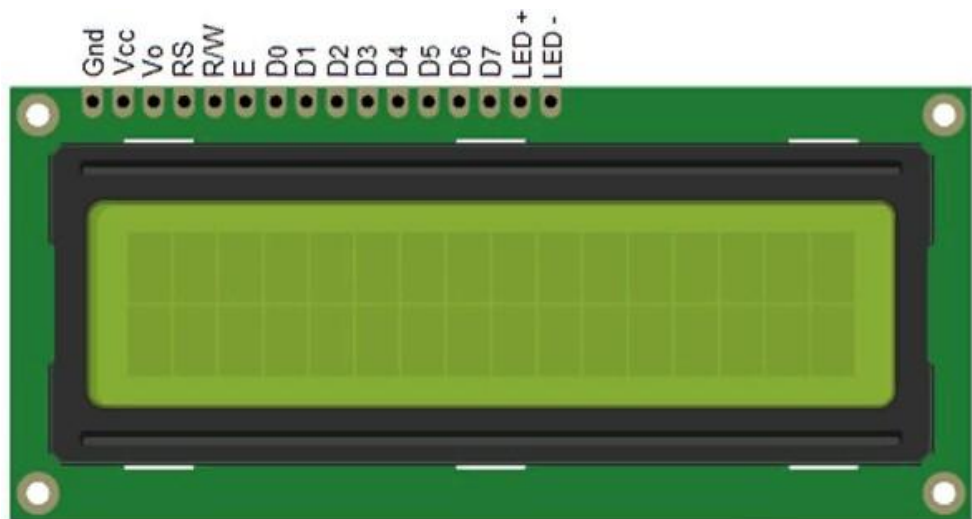


Рисунок 2.6 – Зображення LCD1602A.

Серед всіх доступних на ринку LCD дисплеїв, найчастіше використовується LCD 1602A. Цей дисплей може відображати ASCII символи у 2 рядках, по 16 знаків у кожному рядку, де кожен символ представлений у вигляді матриці 5x7 пікселів. Тому ми обираємо саме цей дисплей [31].

Основні характеристики LCD 1602A:

- Розміри: 80 x 36 мм;
- Робоча температура: 0 ~ 50°C;
- Підсвічування: жовте;
- Колір символів: білий;
- Розмір символу: 4.35 x 2.95 мм;
- Формат: 16 x 2;
- Розміри точки: 0.5 x 0.5 мм;
- Інтерфейс: HD44780;
- Видима область: 64.5 x 13.8 мм;
- Живлення: 5В.

Вибір схеми перетворювача інтерфейсу.

Для управління та налаштування початкових параметрів мікроконтролера буде використовуватись USB to COM адаптер (перехідник) (див. рис. 2.7). Цей

адаптер дозволяє підключати різноманітні пристрої, такі як супутникові тюнери, GPS навігатори, мікроконтролерні плати, сервісне обладнання і т.д., до комп'ютера або ноутбука, які не мають вбудованого COM порту. Він функціонує, емулюючи віртуальний COM порт, що не відрізняється від реального порту в роботі. Особливістю цього пристрою є його доступна ціна і широке поширення.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд перетворювача інтерфейсу на базі мікросхеми cp2102

Характеристики:

- Швидкість передачі даних: від 300 до 1 Mbps.
- Використовувана мікросхема для управління: CP2102.
- Робоча напруга: від 4 В до 5.25 В.
- Підтримувані операційні системи: Windows XP, Vista, Windows 7, Mac OS, Linux.
- Вихідна напруга: подвійний вихід (3.3 В і 5 В).
- Індикатори: індикатор живлення, індикатор TXD.
- Максимальний вихідний струм: 100 мА (захист обмеженням струму).
- Вивідні контакти: 3.3V, RST, TXD, RXD, GND, 5V.
- Розміри: 54 x 16 мм.

Вибір модуля годинника реального часу.

для забезпечення точного відліку часу в електронних системах керування, зокрема в трекарах автономних сонячних електростанцій, використовують модуль годинника реального часу DS1307. Однак, DS1307 має певний недолік пов'язаний зі зміною частоти кварцового резонатора при зміні температури, що може

призводити до неточностей у вимірюванні часу та зниження ефективності системи. Цей недолік був виправлений у мікросхемі DS3231, яка використовує термокомпенсований кварцовий резонатор для підтримки стабільної частоти незалежно від температурних змін. Мікросхеми DS3231 проходять процедуру індивідуальної параметризації кварцового генератора при різних температурах, що забезпечує високу точність і стабільність роботи [13].

У зв'язку з експлуатацією пристрою в різних температурних умовах зовнішнього середовища, було обрано модуль годинника реального часу DS3231, оскільки він володіє якісною термостабільністю та доступними цінами.

Розглянемо особливості, характеристики та специфікації модуля DS3231. Цей модуль є високоточним годинником реального часу (RTC), оснащеним вбудованим I2C інтерфейсом, термокомпенсованим кварцовим генератором (ТСХО) та кварцовим резонатором. Модуль також має вхід для резервного автономного джерела живлення, що забезпечує стабільну роботу годинника та вимірювання температури, навіть при відсутності основного живлення [14]. На рисунку 2.8 зображено зовнішній вигляд цього модуля.

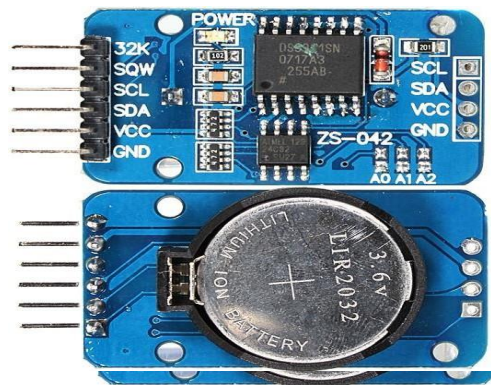


Рисунок 2.8 – Зображення модуля годинника реального часу DS3231

Вбудований кварцовий резонатор дозволяє подовжити термін експлуатації пристрою і зменшити кількість зовнішніх компонентів. Мікросхема DS3231 доступна в комерційних і промислових версіях з робочим температурним діапазоном і має 16 контактний SO корпус [14].

RTC забезпечує точний відлік секунд, хвилин, годин, днів тижня, днів місяця і року. Кінець місяця визначається автоматично з урахуванням високосного року. Годинник реального часу може працювати у форматі 24 або 12 годин з відображенням поточної половини доби. Дані обмінюються з пристроєм через вбудований послідовний I2C-сумісний інтерфейс.

Точне термокомпенсоване джерело опорної напруги та схема порівняння відстежують основне живлення VCC, і якщо його напруга знижується нижче заданого порогу, генерується сигнал скидання та переведення схеми на резервне джерело живлення.

Основні можливості мікросхеми DS3231:

- висока точність годинникового генератора з термокомпенсацією і корекцією ходу;
- лічильники секунд, хвилин, годин, днів тижня, днів, місяців і років з календарем з корекцією високосного року до 2100 року;
- стабільність генератора ± 2 ppm (1 ppm = 0,0001%) в діапазоні температур від 0°C до + 40°C;
- стабільність генератора $\pm 3,5$ ppm в діапазоні температур від -40°C до + 85°C;
- точність внутрішнього цифрового датчика температури $\pm 3^\circ\text{C}$;
- реєстр корекції точності ходу годинника;
- програмований вихід прямокутних імпульсів;
- два будильника, які налаштовуються;
- простий і поширений інтерфейс підключення;
- два режими шини I2C: стандартний (100кГц) і швидкий (400кГц);
- дуже мале споживання енергії від резервного джерела;
- робоча напруга живлення від 3.0 В до 5.5 В;
- робочий температурний діапазон від 0°C до + 70°C для комерційного виконання і від -40°C до + 85°C для промислового;
- вбудований температурний датчик з точністю вимірювання $\pm 3^\circ\text{C}$.

Специфікацію модуля DS3231 приведено в таблиці 2.3.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						26

Таблиця 2.3 – Специфікація модуля DS3231

Параметр	Значення
1	2
Напруга живлення	2,3 ... 5,5 В
Поріг перемикавання на резервне джерело живлення	2,7 В
Струм в режимі очікування	110 ... 170 мкА
Струм під час передачі даних	200 ... 300 мкА
Струм в режимі очікування (живлення від батарейки)	3,0 ... 3,5 мкА
Робоча температура	0 ... +70 °С
Робоча температура (DS3231SN)	-40 ... +85 °С
Точність ходу годинника	±1 хв/рік
Кількість виводів	6
Об'єм пам'яті EEPROM AT24C32N	32 КБ
Адреса DS3231	0x68
Адреса AT24C32N	0x57
Підтримувані формати дати	12 і 24
Кількість будильників	2
Інтерфейс підключення	I2C
Габаритні розміри модуля	38 × 22 × 14 мм
Вага	8 г

Вибір датчика прискорення і нахилу.

Для того, щоб змінювати положення трекера відносно горизонтальної осі необхідно постійно та з достатньою точністю визначати кути нахилу трекера. Для цього ми будемо використовувати датчик акселерометра, що дозволяє також визначати положення в просторі.

Акселерометр (від лат. *accelero* — «прискорюю» і грец. *μετροω* — «вимірюю») — прилад, яким вимірюють прискорення або перевантаження, що виникають під час випробування різних машин та їхніх систем, прилад для вимірювання сили реакції індукованої прискоренням або гравітацією. Одно- та багато-вісні моделі можуть визначати величину та напрям прискорення у вигляді векторної величин і тому можуть бути використані для визначення орієнтації, вібрації й ударів [15].

Акселерометр - це інструмент, задача якого полягає у вимірюванні проекції повного прискорення тіла, для виміру використовуються три чутливі осі: X, Y і Z.

Для даного проекту була можливість використання як аналогового, так і цифрового датчика. Перевагою аналогового датчика є його більша чутливість, однак потребують додаткового використання аналогово-цифрового перетворювача і подальшої обробки даних. На користь цифрових датчиків свідчить їх вартість, простота під'єднання та достатня для нашого проекту чутливість. Отже, в якості такого датчика був обраний цифровий акселерометр ADXL345, зображеного на рисунку 2.9.

3-х осьовий цифровий акселерометр на основі чіпа ADXL345 є датчиком, що вимірює проекції прискорення на три просторові осі (x, y, z). Знаючи ці вимірювання і з огляду на величину вільного падіння, можна визначити орієнтацію самого акселерометра в просторі. Цифрові результати вимірювання представляються у вигляді 16-розрядних чисел в додатковому коді і доступні через цифрові інтерфейси SPI (трьох- або чотирьохпроводні) або I2C [16].

Чутливість сенсора налаштовується (максимальна 4 mg / LSB). Частота оновлення інформації від 0,1 до 3200 Гц. Напруга живлення чіпа 2.0 - 3.6В (можна живитися з виходу 3.3В Ардуіно), плата може бути живитися від 5В (є

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	28
--	--	--	--	--	------------------------------	----

вбудований регулятор напруги), споживання струму під час роботи 23мкА. Датчик працює як з SPI так і I2C інтерфейсами[16].

Також цей акселерометр дуже простий в роботі. Вивід CS використовується для вибору інтерфейсу. Якщо на CS низький рівень - використовується SPI інтерфейс. Якщо ж на вході CS високий рівень - використовується I2C інтерфейс.

ADXL345 - це невеликий і малопотужний 3-х осьовий акселерометр з високою роздільною здатністю 13 біт, і з діапазоном вимірювання прискорення до ± 16 g. Результат вимірювань можна прочитати за допомогою інтерфейсу I2C у вигляді 16-ти біт даних.

ADXL345 відноситься до класу ємнісних акселерометрів, і, володіючи вузькою смугою пропускання (0,05 ... 1600 Гц), ідеальний для вимірювання низькочастотних вібрацій, статичного прискорення, руху і кута відхилення.

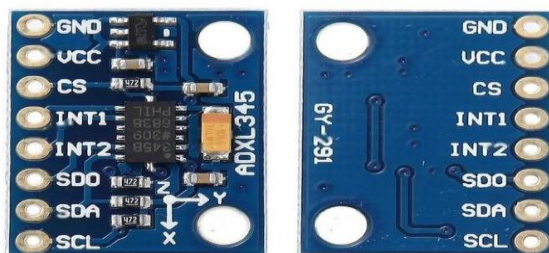


Рисунок 2.9 – Зображення модуля акселерометра ADXL345

Смуга пропускання частот - це діапазон частот, в якому амплітудно-частотна характеристика пристрою (акустичного, радіотехнічного або оптичного) має рівномірну передачу сигналу без значних спотворень форми. Ця характеристика визначає здатність датчика реагувати на зміни прискорення з високою частотою, наприклад, вібрацію з частотою 1000 Гц. Смуга пропускання також залежить від частоти дискретизації вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) акселерометра. Щоб забезпечити можливість виявлення короткочасного впливу на датчик, частота дискретизації повинна бути

щонайменше вдвічі більше ширини смуги пропускання. Для ADXL345, максимальна частота дискретизації складає 3200 Гц [16].

Особливості модуля ADXL345 включають:

- Напруга живлення в діапазоні 2.0-3.6 В.
- Низький рівень споживання енергії: 25-130 мкА в режимі вимірювання і 0.1 мкА в режимі очікування.
- Підтримка інтерфейсів SPI (3-х і 4-х провідний) і I2C.
- Можливість виявлення вільного падіння.
- Можливість вибору роздільної здатності.
- Виявлення одиночних і подвійних поштовхів (легких ударів).
- Контроль активності/неактивності.
- Гнучке завдання режимів переривань з вибором будь-якого з двох виводів переривань.
- Діапазон вимірювання і смуга пропускання, що вибираються командою.
- Широкий температурний діапазон від -40°C до +85°C.
- Висока ударостійкість до 10000g.

Режими зниженого енергоспоживання дозволяють інтелектуальне управління живленням системи, виявлення перевищення порогових значень і вимірювання прискорення при низькій споживанні енергії.

Вибір модуля магнітометра.

Є кілька можливих варіантів для визначення положення щодо вертикальної осі. Один з них - використання гіроскопа, проте його недоліком є відсутність можливості вказати напрямок по сторонах світу. Тому можна розглянути використання трьохосевого магнітометра HMC5883L [17]. Цей модуль є широко поширеним, доступним за ціною і має достатню точність для даного проекту, а також підтримує інтерфейс підключення I2C.

Для спрощення схеми можна використовувати готовий модуль GY271, який включає мікросхему HMC5883L. Модуль GY271 є трьохосевим цифровим компасом, призначеним для навігації за допомогою слабких магнітних полів [18].

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						30

Плата модуля GY-271 містить мікросхему HMC5883L, DC-DC перетворювач напруги та інші допоміжні компоненти, які забезпечують правильну роботу модуля. Мікросхема HMC5883L є цифровим компасом з точністю від 1 до 2°. Однією з особливостей цього цифрового компасу є напруга живлення 5В і низьке споживання енергії (75 мкА) [18].

Зовнішній вигляд модуля GY-271 показаний на рисунку 2.10.

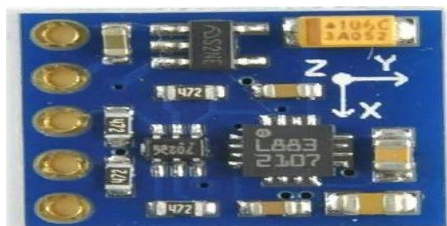


Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд модуля магнітного компаса GY-271

Під час обертання трьохосевого магнітометра в магнітному полі Землі змінюються показання на його трьох осях. Ці дані можна використовувати для визначення напрямку по сторонах світу. За допомогою показань по осях X і Y можна розрахувати кут, який відображає відхилення від напрямку на північ. Такий режим роботи модуля дозволяє використовувати його як компас.

Основні характеристики компаса GY-271:

- Напруга живлення: 3.3 - 5 Вольт (на платі встановлено стабілізатор живлення).
- Тип сенсора: магніторезистивний.
- Струм у режимі вимірювання: 2.5 мА.
- Струм у режимі сну: 0.1 мА.
- Діапазон вимірювань: ± 8 Гаусс.
- Точність: ± 2 мілі Гаусса.
- Розрядність перетворення: 12 біт.
- Інтерфейс: I2C.
- Підтримка автоматичного калібрування.
- Розмір модуля: 14.5 x 13.5 мм.

Вибір поворотного приводу.

На завершальному етапі роботи трекера постає питання вибору пристрою виконавця, який перетворюватиме електричну енергію в механічний рух для зміни положення трекера. Для цих цілей ідеально підходять актуатори - виконавчі механізми або їх активні елементи, що здатні перетворювати один вид енергії (електричну, магнітну, теплову, хімічну) в інший (зазвичай механічний), що приводить до виконання певних дій, залежно від керуючого сигналу [19]. Актуатори забезпечують необхідну потужність для повороту масивної конструкції трекера. Крім того, необхідно передбачити самоблокування актуатора, щоб положення осей трекера не змінювалося під впливом вітру.

Одним з типів актуаторів є лінійний актуатор, який забезпечує рух по прямій лінії. Лінійні актуатори можуть бути механічними, гідравлічними, пневматичними та іншими в залежності від принципу їх дії. Серед них найпоширенішим є механічний лінійний актуатор. Вони відрізняються простотою конструкції, тривалим терміном експлуатації та невибагливістю у роботі, що дозволяє їх використовувати в екстремальних кліматичних умовах. Деякі моделі лінійних актуаторів також можуть бути оснащені додатковими елементами захисту, які забезпечують стійкість в умовах зовнішнього середовища [20].

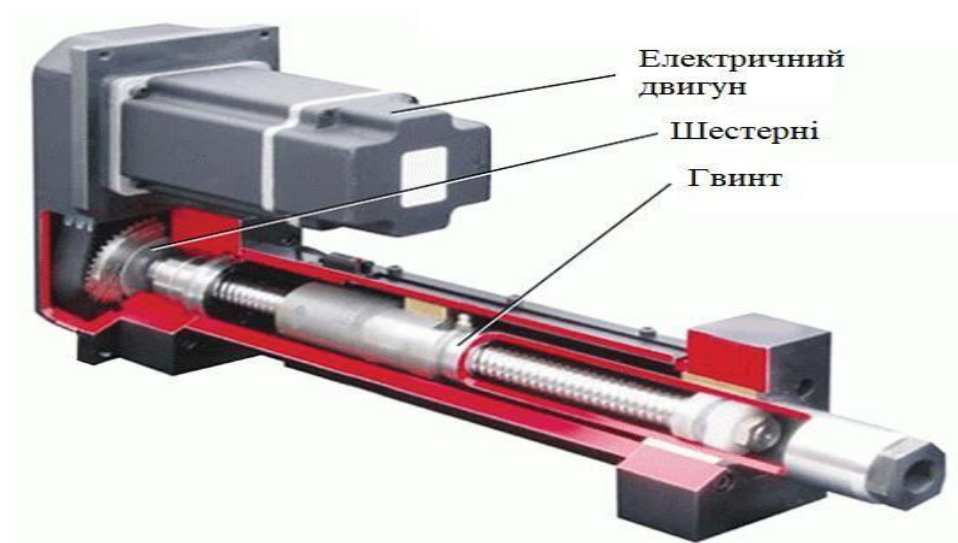


Рисунок 2.11 – Будова типового лінійного актуатора

Для забезпечення руху вертикальної та горизонтальної осей повороту трекера в рамках цього проекту необхідно використовувати два аналогічних актуатора. Один із моделей, яка підійде для цього проекту, є HARL3612. Зовнішній вигляд цього актуатора показано на рисунку 2.11.

Основні технічні характеристики актуатора HARL3612 включають:

- Регульований хід, що дозволяє налаштувати довжину ходу;
- Кінцеві вимикачі, які допомагають обмежити рух актуатора в заданих межах;
- Виконання, яке захищає актуатор від вологості та пилу;
- Покриття з підвищеними антикорозійними властивостями для забезпечення тривалого терміну служби;
- Висока продуктивність та довговічність;
- Висока точність руху;
- Довжина ходу актуатора становить 12 дюймів;
- Струм навантаження не перевищує 0.80А;
- Актуатор має гвинтову передачу типу Асте (гвинтовий, черв'ячний);
- Статичне навантаження актуатора складає 408.2 кг (4000 Н);
- Швидкість руху без навантаження становить 7.8 мм/с;
- Робоча температура актуатора знаходиться в діапазоні від -15°C до 40°C.

Вибір драйвера для двигунів постійного струму.

У завершальному етапі розробки проекту виникає завдання підключення двигунів, які відповідатимуть за розташування трекера щодо положення Сонця. Проте, мікроконтролер не може безпосередньо підключити такі двигуни через обмеження по силі струму на його виходах.

Існує кілька способів підключення двигунів до мікроконтролера:

Використання реле: Двигун підключається до окремої електричної мережі, яка не пов'язана з мікроконтролером. Реле, за допомогою команди від мікроконтролера, вмикає або вимикає струм, замикає або розмикає контакти.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						33

Цей спосіб простий, але не дозволяє керувати швидкістю та напрямком обертання двигуна.

Використання силового транзистора: Цей спосіб дозволяє керувати струмом, який проходить через двигун, що дає змогу контролювати швидкість обертання вала. Проте, він не підходить для зміни напрямку обертання.

Використання плати розширення Motor Shield: Ця плата розширення для мікроконтролера забезпечує роботу постійного струму та крокових двигунів. Однією з популярних плат Motor Shield є схеми на базі чіпу L298N.

Для підключення двох двигунів з редукторами з низькими вимогами до сили струму ідеально підходить модуль управління моторами RKP-01A, що базується на мікросхемі L298N (див. рис. 2.12). Цей модуль дозволяє контролювати обертання двох незалежних постійного струму двигунів (DC-моторів) з живленням від 5 до 35 В. Вбудований радіатор на мікросхемі L298N забезпечує струм до 2А на канал. Для захисту драйвера двигунів від перенавантаження використовуються спеціальні діоди Шоткі.

Цей модуль також може використовуватися для керування кроковими двигунами з напругою від 5 до 35 В. Одна плата L298N може керувати двома двигунами одночасно. Максимальне навантаження, яке забезпечує мікросхема, становить 2А на кожен двигун.

На рисунку 2.12 зображено модуль управління моторами.



Рисунок 2.12 – Зображення модуля управління моторами RKP-01A на мікросхемі L298N

Модуль управління моторами RKP-01A, що базується на мікросхемі L298N, має наступні характеристики:

- Мікросхема драйвера: L298N з радіатором охолодження.
- Можливість живлення зовнішньої логіки (V_{ss}): +5V до +7V за допомогою внутрішнього стабілізатора +5V.
- Вхідна напруга логічної частини (V_d): від 6V до 12V.
- Вхідна напруга керованої частини (V_s): від +5V до +35V.
- Робочий струм зовнішньої логічної частини (I_{ss}): 0 до 36mA.
- Струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 2A.
- Піковий струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 3A.
- Максимальна споживана потужність: 20 Вт.
- Високий рівень вхідного сигналу (High): $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$.
- Низький рівень вхідного сигналу (Low): $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$.
- Робоча температура навколишнього середовища: від -25°C до +130°C.
- Розміри модуля з радіатором L298: 53 x 47 x 27 мм.
- Вага драйвера моторів RKP-01A: 35 грамів.
- Код, написаний на мові програмування C++, який керує всіма мікропристроями, знаходиться у додатку А.

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розробка інструкції з експлуатації сонячного трекера

Для належного встановлення сонячних батарей та підключення сонячного трекера необхідно залучати професіоналів з відповідними кваліфікаціями.

Хоча керовані фотопанелі мають безліч переваг, трекери не використовуються на всіх сонячних електростанціях з різних причин:

- Встановлення трекера завжди призводить до збільшення вартості монтажу системи.
- Ускладнення конструкції кріплення веде до зниження надійності системи. Хоча це менш критично для малих електростанцій, де власнику може бути нескладно один раз на місяць або рідше знайти та виправити дрібні несправності, на великих електростанціях потрібний додатковий персонал для обслуговування та ремонту трекерів.
- Наявність рухомих деталей вимагає обслуговування навіть у відсутність аварій.
- Рухоме кріплення панелі суттєво знижує її стійкість та надійність під час сильних вітрів [20].

Засновуючись на вищезгаданому, можна прийти до висновку, що сонячні трекери є особливо вигідними для невеликих сонячних електростанцій, розташованих у місцях з низьким рівнем штормової активності. Встановлення фотопанелей на сонячний трекер може значно підвищити рівень генерації електроенергії на 30-40 відсотків.

Необхідно дбати про правильне розташування інвертора сонячного трекера, зважаючи на побічні ефекти його роботи, такі як нагрівання. Якщо інвертор встановлюється всередині будинку, важливо враховувати теплову навантаженість, особливо влітку, коли приміщення може нагріватися до 40 градусів. Також слід забезпечити достатню відстань від стін, щоб уникнути перегріву. У разі розміщення інвертора на вулиці, необхідно уникати прямих сонячних променів, а

можна використовувати спеціальне накриття. Втрати потужності більш помітні, коли інвертор розташований біля панелей, але менш помітні, коли він розташований біля будинку. Це пояснюється вищою напругою, яка спостерігається біля будинку. У випадку великої кількості сонячних панелей слід враховувати кількість входів МРРТ трекерів інвертора, які використовуються для підключення ліній або стрінгів сонячних панелей.

Варто приділяти увагу робочим параметрам діапазонів вихідної напруги. Чим більше значення, тим краще. Деякі дні можуть виникати проблеми з напругою на стабільно працюючій лінії, і високе значення цього показника може призвести до поступового зниження продуктивності інвертора [27].

Для забезпечення оптимальної роботи сонячного трекера необхідно дотримуватися регулярного технічного обслуговування та виконувати процедури належним чином. Важливо виконувати такі заходи:

- Кожні 3 місяці перевіряти контакти всіх з'єднань та змащувати рухомі частини поворотного механізму.
- Раз на рік проводити візуальну перевірку наявності корозії, стану гвинтів, можливих розломів, а також перевіряти кабелі на наявність тріщин, перегинів та точок перетискання.

4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для визначення загальної тривалості проведення НДР дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу зводяться у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Середній час виконання НДР та стадій технологічного процесу.

п/п	Назва операції (стадії)	Виконавець	Час виконання операції, год
1	2	3	4
1	Постановка задачі та збір інформації про об'єкт. Формується технічне завдання.	Керівник проекту	4
2	Розробка проекту. На даному етапі проектується каркас та електронне обладнання системи керування трекером автономної сонячної електростанції, враховуючи особливості клімату та метеорологічних показників території.	Інженер	10
3	Монтаж проекту. На даному етапі здійснюється будівництво основи, встановлення каркасу та підключення електронної системи керування трекером автономної сонячної електростанції.	Технік	18
4	Налагодження електронного обладнання сонячної електростанції. Додатково буде проведено тестування роботи електронної системи керування	Інженер	16

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
	трекером автономної сонячної електростанції в умовах зміни освітлення.		
5	Підготовка документації. На даному етапі готується технічна документація електростанцію альтернативних джерел (сонячний трекер). Інструкції з налаштування служб та сервісів.	Інженер	10
6		-	58

Сумарний час виконання операцій технологічного процесу, які будуть виконуватись для проектування та встановлення сонячної електростанції на базі трекара – 58 години.

4.2. Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Оплата праці - грошовий вираз вартості і ціни робочої сили, який виступає у формі будь-якого заробітку, виплаченого власником підприємства працівникові за виконану роботу. Заробітна плата працівника залежить від кінцевих результатів роботи підприємства, регулюється податками і максимальними розмірами не обмежується.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 4.1.:

$$Z_{\text{осн.}} = T_c \cdot K_g, \quad (4.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.;

K_g – кількість відпрацьованих годин.

Отже, основна заробітня плата для працівників становить:

Керівник проекту - $Z_{\text{осн.1}} = 4 \cdot 200 = 800$ грн.

Інженер - $Z_{\text{осн}2} = 40 \cdot 150 = 6000$ грн.

Технік - $Z_{\text{осн}3} = 36 \cdot 100 = 3600$ грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

$Z_{\text{осн}} = 800 + 6000 + 3600 = 10400$ грн.

Додаткова заробітня плата становить 10 – 15 % від суми основної заробітної плати та обчислюється за формулою 4.2.

$$Z_{\text{дод.}} = Z_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{допл.}}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{допл.}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам: 0,1 – 0,15.

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

- керівника проекту: $Z_{\text{дод}1} = 260 \cdot 0,13 = 33,8$ грн.

- інженера: $Z_{\text{дод}2} = 2000 \cdot 0,13 = 260,00$ грн.

- техніка: $Z_{\text{дод}3} = 1980 \cdot 0,13 = 257,4$ грн.

Загальна додаткова заробітна плата становить:

$Z_{\text{дод}} = 33,8 + 260,0 + 257,4 = 551,2$ грн.

Звідси загальні витрати на оплату праці розраховуються за формулою 4.3:

$$V_{\text{о.п.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод}} \quad (4.3)$$

$V_{\text{о.п.}} = 10400,00 + 551,2 = 10951,2$ грн.

Відрахування на соціальні заходи становлять 22%.

Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$V_{\text{с.з.}} = \Phi_{\text{ОП}} \cdot 0,22, \quad (4.4),$$

де $\Phi_{\text{ОП}}$ – фонд оплати праці, грн.

$V_{\text{с.з.}} = 10951,2 \cdot 0,22 = 2409,26$ грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						40

Таблиця 4.2 - Оплата праці

№п /п	Категорія працівників	Основна заробітня плата, грн..			Додаткова заробітня плата, грн.	Відрахування на соціальні заходи, грн.	Всього, грн.
		Тарифна ставка	К-сть відпрацьованих годин	Фактично нарахована зарплата			
1	Керівник проекту	65	4	260	33,8	-	-
2	Інженер	40	50	2000	260,0	-	-
3	Технік	36	55	1980	257,4	-	-
Разом				10400	551,2	2409,26	13360,46

Отже, загальні виплати на оплатку праці становлять 13360,46 грн.

4.3. Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати визначаються як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни за формулою 4.5:

$$M_{Vi} = q_i \cdot p_i \quad (4.5)$$

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду;

p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити за формулою 4.6:

$$Z_{м.в.} = \sum M_{Vi} \quad (4.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Витрати на сировину і матеріали електронної системи керування трекером автономної сонячної електростанції

Матеріал, сировина	Одиниця вимірювання	Норма витрат	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1	2	3	4	5
Плата STM32VLDISCOVERY	одиниці	1	817,0	817,0
Модуль акселерометру	одиниці	1	52,00	52,00
Модуль компасу	одиниці	1	62,00	62,00
Драйвер для двигунів	одиниці	2	80,00	160,00
Модуль годинника реального часу	одиниці	1	50,00	50,00
Дисплей	одиниці	1	57,00	57,00
Резистори	одиниці	4	50,00	200,0
Модуль USB to TTL	одиниці	1	64,00	64,0
Актуатори	одиниці	2	2000,0	4000,0
Блок живлення	одиниці	1	350,0	350,0
Дроти	м	20	40,00	800,0
Каніфоль	кг	0,04	32	1,28
Флюс з припоєм	кг	0,1	90	9
Фарба	кг	0,7	70	49
Сировина для корпусу	кг	0,2	150	30
Труба профільна	м	4,5	41	184,5
Сумарні витрати				6885,78

Загальна сума матеріальних витрат на монтування системи керування трекером автономної сонячної електростанції становить 6885,78 грн.

4.4. Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію одиниці обладнання розраховуються за формулою 4.7:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S \quad (4.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Час роботи ПК над даним проектом становить 16 годин, споживана потужність - 0,5 кВт/год, вартість 1 кВт електроенергії – 1,68 грн. Тому витрати на електроенергію будуть становити: $Z_e = 0,5 \cdot 16 \cdot 1,68 = 10,08$ грн.

4.5. Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8 – 10 % від загальної суми матеріальних затрат.

Транспортні витрати розраховуються за формулою 4.8.

$$T_B = Z_{м.в.} \cdot 0,08 \dots 0,1 \quad (4.8)$$

де T_B – транспортні витрати.

Отже, транспортні витрати будуть становити:

$$T_B = 6885,78 \cdot 0,08 = 550,86 \text{ грн.}$$

4.6. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Комп'ютери та електроніка належать до четвертої групи основних фондів. Мінімально допустимі строки їх використання 2 роки.

Для визначення амортизаційних відрахувань використовуємо формулу 4.9:

$$A = (B_B \cdot N_A \cdot T) / 100\% \quad (4.9)$$

де A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.;

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						43

B_B – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.;

N_A – норма амортизації, %;

T – кількість годин роботи обладнання, год.

Враховуючи, що ПК працює над даним проектом 16 год., балансова вартість ПК – 10000 грн., тому:

$$A = (10000,0 \cdot 0,04 \cdot 16) / 150 = 64,00 \text{ грн}$$

4.7. Обчислення накладних витрат

Накладні витрати - це витрати, не пов'язані безпосередньо з технологічним процесом виготовлення продукції, а утворюються під впливом певних умов роботи по організації, управлінню та обслуговуванню виробництва. В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20 – 60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників, обчислюються за формулою 4.10.

$$N_B = V_{\text{о.п.}} \cdot 0,2...0,6, \quad (4.10)$$

де N_B – накладні витрати.

$$N_B = 13360,46 \cdot 0,6 = 8016,28 \text{ грн.}$$

4.8. Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Кошторис витрат являє собою зведений план усіх витрат підприємства на майбутній період виробничо-фінансової діяльності.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблиці 4.4, де зазначено наступні види витрат: витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи, матеріальні витрати, витрати на електроенергію, транспортні витрати, амортизаційні відрахування, накладні витрати.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						44

Таблиця 4.4 - Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн	% від загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці	13360,46	31,2
Відрахування на соціальні заходи	1054,00	6,9
Матеріальні витрати	6885,78	39,48
Витрати на електроенергію	10,08	0,09
Транспортні витрати	550,86	3,2
Амортизаційні відрахування	64,00	0,6
Накладні витрати	2874,7	18,7
Собівартість	24799,88	100,0

Собівартість (C_B) НДР розраховуємо за формулою 4.11:

$$C_B = B_{o.п.} + B_{с.з.} + Z_{м.в.} + Z_B + T_B + A + H_B \quad (4.11)$$

Отже, собівартість дорівнює $C_B = 24799,88$ грн

4.9. Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою 4.12:

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.12)$$

де C_B – собівартість виконання НДР;

$P_{рен}$ – рівень рентабельності,

ПДВ – ставка податку на додану вартість.

$$Ц = 24799,88 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 38687,81 \text{ грн.}$$

4.10. Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва - категорія, яка характеризує результативність виробництва. Вона свідчить не лише про приріст обсягів виробництва, а й про те, якими витратами ресурсів досягається цей приріст, тобто свідчить про якість економічного зростання.

Прибуток розраховується за формулою:

$$\Pi = Ц - C_v \quad (4.13)$$

$$\Pi = 38687,81 - 24799,88 = 13887,93 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів і розраховується за формулою 4.14.

$$E_p = \Pi / C_v, \quad (4.14)$$

де Π – прибуток;

C_v – собівартість.

$$E_p = 13887,93 / 38687,81 = 0,35$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p) за формулою 4.15.

$$T_p = 1 / E_p \quad (4.15)$$

Допустимим вважається термін окупності до 5 років. В даному випадку $T_p = 1/0,35 = 2,86$.

Всі дані розрахунків внесемо в зведену таблицю 4.5 техніко-економічних показників.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						46

Таблиця 4.5 - Техніко-економічні показники розробки мікропроцесорної системи

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Собівартість	грн.	24799,88
2	Плановий прибуток	грн.	13887,93
3	Ціна	грн.	38687,81
4	Чиста теперішня вартість, грн.	грн.	6885,78
5	Термін окупності	рік	2,86

В економічному розділі описано фінансову доцільність проведення науково-дослідних робіт.

В результаті проведених розрахунків можна зробити висновок: оскільки собівартість даного проекту становитиме 24799,88 грн. при очікуваному плановому прибутку 13887,93 грн. означає що термін окупності даного комплексного продукту складає 2,1.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ

5.1. Відомчий та адміністративний контроль охорони праці.

На всіх промислових підприємствах України повинні діяти стандарти безпеки праці, що встановлюють систему показників, за якими підраховується стан охорони праці структурних підрозділів та підприємства в цілому.

Порушення нормативних актів з охорони праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб і органів державного нагляду, громадського та регіонального контролю передбачає покарання у вигляді штрафів, дисциплінарної, адміністративної та кримінальної відповідальності в залежності від виду та наслідків порушення. Згідно з Кодексом України про адміністративні правопорушення (Стаття 41. Порушення вимог законодавства про працю та охорону праці), порушення вимог законодавства про працю тягне за собою накладання штрафу[22].

Контроль за охороною праці в закладі здійснюється на кількох рівнях. Розрізняють державний нагляд, відомчий, громадський та регіональний рівні контролю.

Органи державного нагляду за охороною праці є незалежними від державних адміністрацій, господарських, громадських і політичних організацій і діють відповідно до положень, затверджених Кабінетом Міністрів України. Державні інспектори або контролери органів державного нагляду мають право:

- відвідувати в будь-який час підприємства, що контролюються, перевіряти стан охорони праці, знайомитися з документацією та отримувати інформацію і пояснення роботодавця з питань, що перевіряються тощо;
- видавати керівникам підприємств, керівним посадовим особам міністерств, комітетів, об'єднань підприємств та ін., відповідальним за охорону праці працівникам держадміністрацій обов'язкові для виконання

- приписи (розпорядження) про виявлені порушення і недоліки в галузі охорони праці і про строки їх усунення;
- призупиняти роботу підприємства або об'єкта, де виявлені небезпечні для життя та здоров'я працюючих порушення норм і правил охорони праці;
 - притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці;
 - подавати позов до прокуратури для притягнення до кримінальної відповідальності винних у порушенні вимог охорони праці, що призвело до матеріальних збитків або завдало шкоди працюючим;
 - надсилати роботодавцям або відповідальним посадовим особам подання про невідповідність окремих посадових осіб займаній посаді або про накладання на них стягнення за порушення вимог охорони праці[22].
 - Відомчий контроль здійснюють вищі органи керівництва підприємствами (міністерства, Державні комітети, об'єднання підприємств та ін.). Ці організації та посадові особи мають адміністративну владу, якою можуть скористатися в разі виявлення порушень законодавства, правил та норм з охорони праці.

Відомчий контроль за дотриманням чинного законодавства про працю, а також норм і правил з охорони праці здійснюють служби охорони праці вищестоящих організацій, а також їх галузеві спеціалісти. Відповідно до встановленого порядку перевірки стану охорони праці в підлеглих установах, зауваження та їх пропозиції щодо створення здорових і безпечних умов праці й запобігання пожежам є обов'язковими для виконання керівниками і спеціалістами підприємства.

Під час здійснення відомчого контролю перевіряють виконання планів роботи з охорони праці на підприємстві, використання виділених на охорону праці коштів, розробку проектної документації, виконання обов'язків з охорони праці службовими особами та інші питання.

Адміністративний контроль за охороною праці в масштабах одного підприємства здійснюють:

- Керівник підприємства;
- Головні спеціалісти;
- Інші особи, які наказом роботодавця наділені адміністративними повноваженнями.

5.2. Розрахунок системи штучного освітлення з люмінесцентними лампами в приміщенні для розробки системи.

Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з люмінесцентними лампами (світильники типу ЛПО 01 з двома лампами ЛБ–40) для виробничого приміщення, в якому виконуються зорові роботи високої точності (розряд Шв, $E=300$ лк). Розміри приміщення: довжина $a=15.4$ м; ширина $b=7.0$ м; висота $H=4$ м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнти відбиття $\rho_{\text{стелі}}=50\%$, $\rho_{\text{стін}}=30\%$. Коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп $K_3=1,5$; коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z=1,12$.

У приміщенні з робочими місцями, де використовуються комп'ютери, освітлення здійснюється за допомогою системи загального рівномірного освітлення з використанням люмінесцентних ламп. Це досягається за допомогою світильників з розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзеркалювачами, які мають високочастотні пускорегулювальні апарати.

Для розрахунку освітлення використовується метод коефіцієнта використання світлового потоку, при умові дотримання рекомендованих співвідношень відстаней між світильниками та їх підвісу (з допустимим відхиленням до 20%). Головна мета цього розрахунку - визначити необхідну кількість світильників і потужність ламп, щоб забезпечити необхідний рівень освітленості ($E_{\text{мін}}$) в приміщенні.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						50

Природне освітлення приміщення забезпечується через бічні світлопрорізи, спрямовані переважно на північ чи північний схід, що забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО) не менше 1,5%. Розрахунки КПО проводяться згідно з відповідними нормами.

У приміщеннях без природного освітлення, але з використанням комп'ютерів, можна використовувати ЕОМ за умови дозволу відповідних органів державного нагляду за охороною праці та санітарно-епідеміологічної служби.

Вікна приміщень з відео терміналами повинні мати регульовальні пристрої для відчинення, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки тощо.

Штучне освітлення приміщення з робочими місцями, де є відео термінали комп'ютерів загального або персонального користування, має бути забезпечене системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, де переважають роботи з документами, може застосовуватись комбінована система освітлення (додатково до загального освітлення встановлюються світильники місцевого освітлення).

Загальне освітлення повинне складатися з суцільних або переривчастих ліній світильників, розміщених збоку від робочих місць (зазвичай зліва) паралельно лінії зору працівників. Використовуються світильники з такими класами світлорозподілу: світильники прямого світла (П), переважно прямого світла (Н) та переважно відбитого світла (В).

Світильники штучного освітлення в зоні розташування відео терміналів мають бути розміщені над робочими місцями.

Для загального освітлення необхідно використовувати світильники з розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзеркалювачами, які мають високочастотні пускорегульовальні апарати (ВЧ ГРА). Використання світильників без розсіювачів та екранних сіток заборонено.

Для штучного освітлення зазвичай використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ. Виробничі та адміністративно-громадські приміщення можуть також використовувати металогалогенові лампи потужністю до 250 Вт. Для

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						51

світильників місцевого освітлення можуть використовуватися лампи розжарювання.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 градусів до 90 градусів відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна бути не більшою за 200 кд/м², а захисний кут світильників не повинен перевищувати 40 градусів.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів повинен бути в межах 300-500 лк. У разі неможливості забезпечити такий рівень освітленості системою загального освітлення допускається використання світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрана та збільшення освітленості екрана понад 300 лк.

Світильники місцевого освітлення мають мати напівпрозорий відбивач світла з захисним кутом не менше 40 градусів.

Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з відеотерміналом. Відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а відношення яскравості робочих поверхонь до навколишніх предметів (стін, обладнання) не повинно перевищувати 5:1.

Усі стіни в приміщенні пофарбовані світлою фарбою з коефіцієнтом відбиття - $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$.

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконують зорові роботи розряду Шв становить $E=300$ лк.

Висота робочих поверхонь (столів) $h_p=0,8$ м. Як світлові пристрої приймаємо світильники типу ЛПО 01 (з двома лампами).

Оскільки світильники кріпляться на стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_0=N=4$ м, що не суперечить вимогам СНіП II-4-79, відповідно до яких $h_{0\text{min}}=2,6...4$ м, коли у світильнику менше 4-х ламп, і $h_{0\text{min}}=3,2...4,5$ м – при 4-х і більше лампах.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h=h_0-h_p \quad (5.1)$$

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						52

$$h=4-0,8=3,2\text{м}$$

Показник приміщення i за формулою:

$$I = (a*b)/(h*(a+b)) \quad (5.2)$$

$$i=(15.4*7.0)/3.2(15.4+7.0) = 107.8/71,68=1,5$$

При $i=1.5$, $\rho_{\text{стелі}}=50\%$, $\rho_{\text{стін}}=30\%$, коефіцієнт використання $\eta = 0,49$, згідно таблиці «Коефіцієнтів використання світлового потоку світильників з люмінесцентними лампами» зображеної на рисунку 5.1.

Коефіцієнти використання світлового потоку світильників з люмінесцентними лампами

Тип світильника	ПВЛМ-Р	ЛОУ	ШОД	ЛПОО1	ЛСПО1
$\rho_{\text{стелі}}, \%$	70 50 30	70 50 30	70 50 50	70 50 50	70 50 50
$\rho_{\text{стін}}, \%$	50 30 10	50 30 10	50 50 30	50 50 30	50 50 30
i	Коефіцієнти використання, %				
0,5	25 18 13	26 21 16	22 16 14	25 23 20	25 23 22
0,6	29 22 17	30 24 20	28 21 18	31 29 24	31 29 26
0,7	34 26 20	34 28 24	32 24 21	36 34 28	35 33 30
0,8	36 28 23	37 31 27	35 27 24	39 37 32	38 36 32
0,9	40 31 25	40 34 30	38 30 27	42 41 35	41 38 35
1,0	43 34 28	43 37 32	41 32 29	46 44 38	43 40 37
1,1	45 36 30	45 39 34	43 34 31	48 46 41	45 42 39
1,25	47 38 32	48 42 37	46 37 34	51 49 44	47 44 41
1,5	51 42 35	51 46 41	50 40 37	55 53 49	50 46 44
1,75	54 45 38	54 49 44	53 43 40	58 57 52	52 49 47
2,0	56 47 40	56 50 46	55 45 42	61 59 55	54 50 48
2,25	58 49 42	58 52 48	57 47 44	63 62 57	56 52 50
2,5	60 51 44	60 54 50	59 48 45	65 64 59	57 53 51
3,0	63 53 46	62 56 52	61 50 48	68 66 62	59 54 52
3,5	64 54 48	63 57 53	63 52 50	70 68 64	60 56 54
4,0	66 56 49	64 58 55	65 54 52	71 69 66	61 56 55
5,0	68 59 52	66 61 58	67 56 53	75 72 70	63 58 57
$\Phi_{\text{н.п.}}, \%$	54	62	40	74	53
$\Phi_{\text{в.п.}}, \%$	28	10	45	0	16

Примітка. $\Phi_{\text{н.п.}}$ — світловий потік світильника у нижню півсферу; $\Phi_{\text{в.п.}}$ — світловий потік світильника у верхню півсферу.

Рисунок 5.1. – Таблиця коефіцієнтів

Визначимо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної освітленості робочих поверхонь, якщо з технічних даних люмінесцентних ламп відомо, що в кожному світильнику встановлено по дві люмінесцентні лампи ЛБ–40 ($n=2$), а світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_{\text{л}}=3200$ лм.

$K_3=1,3$ - коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

$Z=1,12$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Визначимо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної освітленості робочих поверхонь:

$$N = (EabK_3Z)/(n\Phi_{л,\eta}) \quad (5.3)$$

$$N = (300*15.4*7.0)/(2*3200*0,49)=32340/3136=10$$

Отже, робимо висновок, що необхідна кількість світильників для забезпечення комфортного місця роботи для працівників є 10.

Схему розташування світильників зображую на рисунку 5.2.

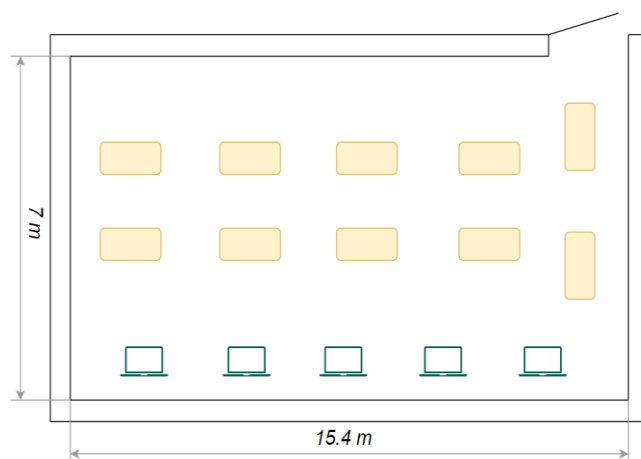


Рисунок 5.2 - Схема розташування світильників в приміщенні.

ВИСНОВОК

У цій кваліфікаційній роботі досліджувалось автоматизовану систему позиціонування сонячних панелей задля отримання більшої кількості сонячної енергії. Було розглянуто різні види так званих сонячних трекерів та графічно показано приріст видобутку енергії при використанні систем, що змінюють кут нахилу сонячних панелей. Найкращі показники отримано при використанні систем, які рухають панелі у двох напрямках, із Сходу на Захід та з Півдня на Північ.

Виходячи з цього було розроблено власну систему позиціонування сонячними панелями у двох напрямках на базі мікроконтролера STM32VLDISCOVERY, наведено алгоритм роботи, структурну, функціональну та електричну принципову схеми. Дана система має високі експлуатаційні якості та дає приріст у видобутку сонячної енергії приблизно на 35% у порівнянні з статичним розташуванням панелей.

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	55

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 5.05010101 « Обслуговування програмних систем і комплексів». Тернопіль: ТК ТНТУ ім. І.Пулюя, 2017. 47с.
2. В. Коваль, Р. Івасечко, К. Козак. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Випуск 134. Харків : ХНПУ, 2015. 80 с.
3. Методичні вказівки до дипломної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050102 “Комп’ютерна інженерія» напрямок “Комп’ютерні мережі” / І. Капаціла та ін. Тернопіль, 2017. 16 с.
4. Технології виробництва кремнієвих фотоперетворювачів | ВДЕ від Avenston. Авенстон. URL: <https://avenston.com/articles/fundamentals-of-the-technology-of-production-of-silicon-solar-cells/> (дата звернення 27.05.2023)
5. Фотоелектрична комірка – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Фотоелектрична_комірка (дата звернення 27.05.2023)
6. Єрмаков О.Ю., Савчук В. К., Білик С. Г., Сталій розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2021. 194 с.
7. Учасники проектів Вікімедіа. Компаратор – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Компаратор> (дата звернення 28.05.2023)
8. Встановлення сонячних батарей, варіанти конструкцій для монтажу сонячних батарей. URL: <https://ecoenerhiia.ua/news/vstanovlennja-sonjachnihbatarej-varianti-konstrukcij-dlja-montazhu-sonjachnih-batarej.html> (дата звернення 30.05.2023)
9. Калін, Ю.В. Електронні системи керування перетворювачами сонячної енергії : робота на здобуття кваліфікаційного рівня магістра; спец.: 171 –

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	4
						56

електроніка / Ю.В. Калін; наук. керівник Н.М. Опанасюк. Суми: СумДУ, 2019. 37 с.

10. Баран В.С., Власюк Г.Г., Оникієнко Ю.О., Смоленська О.І. Основи мікропроцесорної техніки: лабораторний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 140 с.
11. Учасники проєктів Вікімедіа. RS-232 – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/RS-232>. (дата звернення 02.06.2023)
12. Ікальчик Ю.М. Сімейство мікроконтролерів STM32. Особливості та характеристики. Цифрова лабораторія FPGA / DSP. 2016. URL: <http://www.fpga.keoa.kpi.ua/other/сімейство-мікроконтролерів-stm32-особли.html>. (дата звернення 02.06.2023)
13. Arnold H. Maxim : Clock generators integrate a crystal oscillator. EDN. URL: <https://www.edn.com/maxim-clock-generators-integrate-a-crystal-oscillator/>. (дата звернення 02.06.2023)
14. YKP's Technicals. Arduino DS3231 RTC Clock Module Interface Tutorial with Interrupt driven Alarm - A09, 2021. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=DjrLXbnrns8>. (дата звернення 03.06.2023)
15. Учасники проєктів Вікімедіа. Акселерометр – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Акселерометр>. (дата звернення 03.06.2023)
16. 3х-осьовий акселерометр ADXL345. Arduino в Україні. URL: <https://arduino.ua/prod236-3h-osnii-akselerometr-adxl345>. (дата звернення 05.06.2023)
17. HMC5883L Магнітометр. Електроніка, схеми, плати, статті - Avislab. URL: <https://blog.avislab.com/hmc5883l/>. (дата звернення 05.06.2023)
18. Модуль GY-271 - цифровий компас на мікросхемі QMC5883L. 3V3. URL: https://3v3.com.ua/product_8125.html (дата звернення 05.06.2023)
19. Учасники проєктів Вікімедіа. Актуатор – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Актуатор>. (дата звернення 06.06.2023)

					2023.КВР.123.602.14.00.00 ПЗ	57
--	--	--	--	--	------------------------------	----

20. Actuators: what is it, definition, types and how does it work. Progressive Automations. URL: <https://www.progressiveautomations.com/pages/actuators>. (дата звернення 06.06.2023)
21. Robojax. Lesson 95: Using L293D 4 DC Motors Shield for Arduino UNO and Mega | Arduino Step By Step Course, 2022. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=0XihwdulmDQ>. (дата звернення: 06.06.2023)
22. Robojax. Controlling 2 DC Motors using ESP32 and L298N Motor driver, 2019. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2JTMqURJTwg> (дата звернення 07.06.2023)
23. Москальова В. 4.7.4 Ультразвук. Охорона праці. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне, 2009. С. 143-144.
24. Шкідливий вплив ультразвуку на здоров'я працюючих та його профілактика - Охорона праці і пожежна безпека. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/news/shkidlyvyu-vplyv-ultrazvuku-na-zdorovya-pracyuyuchyh-ta-yogo-profilaktyka>. (дата звернення 07.06.2023)
25. Блискавки. Як захиститися?. Setech. 2020. URL: <https://setech.in.ua/bliskavki-yak-zahistitися/>. (дата звернення 07.06.2023)
26. Сонячний трекер. Переваги і Недоліки встановлення!. Електротехнічна продукція: системи електропостачання і альтернативна енергетика. URL: <https://prel.prom.ua/a279654-sonyachnij-treker-scho.html>. (дата звернення 09.06.2023)
27. Скришевський В. А. Що таке сонячна енергетика і чи потрібна вона Україні?. SolarSystem. URL: <https://solarsystem.com.ua/shho-take-sonyachna-energetyka-chy-potribna-vona-ukrayini/>. (дата звернення 09.06.2023)
28. Як працює сонячна батарея?. Сонячна енергія. URL: <https://sun-energy.com.ua/articles/yak-pratsuyut-sonyachni-paneli>. (дата звернення 09.06.2023)

ДОДАТКИ

Додаток А. Код для керування роботи мікропристроями.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_LSM303_U.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Stepper.h>

#define photoresistorPin A0
#define STEPS_PER_REVOLUTION 200

Adafruit_LSM303_Accel_Unified accel =
Adafruit_LSM303_Accel_Unified(54321);
Adafruit_SSD1306 display(128, 64, &Wire, -1);
Stepper stepper(STEPS_PER_REVOLUTION, 8, 9, 10, 11);

void setup() {
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Initializing...");

  if (!accel.begin()) {
    display.println("LSM303 not found!");
    while (1);
  }
}
```

```

display.println("LSM303 found!");
display.display();
delay(2000);
display.clearDisplay();
}

void loop() {
  int lightLevel = analogRead(photoresistorPin);

  sensors_event_t accelEvent;
  accel.getEvent(&accelEvent);
  float tiltAngleX = accelEvent.acceleration.x;
  float tiltAngleY = accelEvent.acceleration.y;

  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Light Level:");
  display.setTextSize(3);
  display.setCursor(0, 20);
  display.println(lightLevel);
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(0, 50);
  display.print("Tilt X: ");
  display.print(tiltAngleX);
  display.setCursor(0, 70);
  display.print("Tilt Y: ");
  display.print(tiltAngleY);
  display.display();
}

```

```

if (lightLevel > 500) {
  if (tiltAngleX > 5) {
    stepper.step(1);
  } else if (tiltAngleX < -5) {
    stepper.step(-1);
  }

  if (tiltAngleY > 5) {
    stepper.step(1);
  } else if (tiltAngleY < -5) {
    stepper.step(-1);
  }
}

delay(1000);
}

```